

Wyzwania stojące przed gospodarką leśną wobec zmian klimatu

Jarosław Socha¹, Marzena Niemczyk²



¹ Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie



² Instytut Badawczy Leśnictwa

IX FORUM INNOWACYJNOŚCI

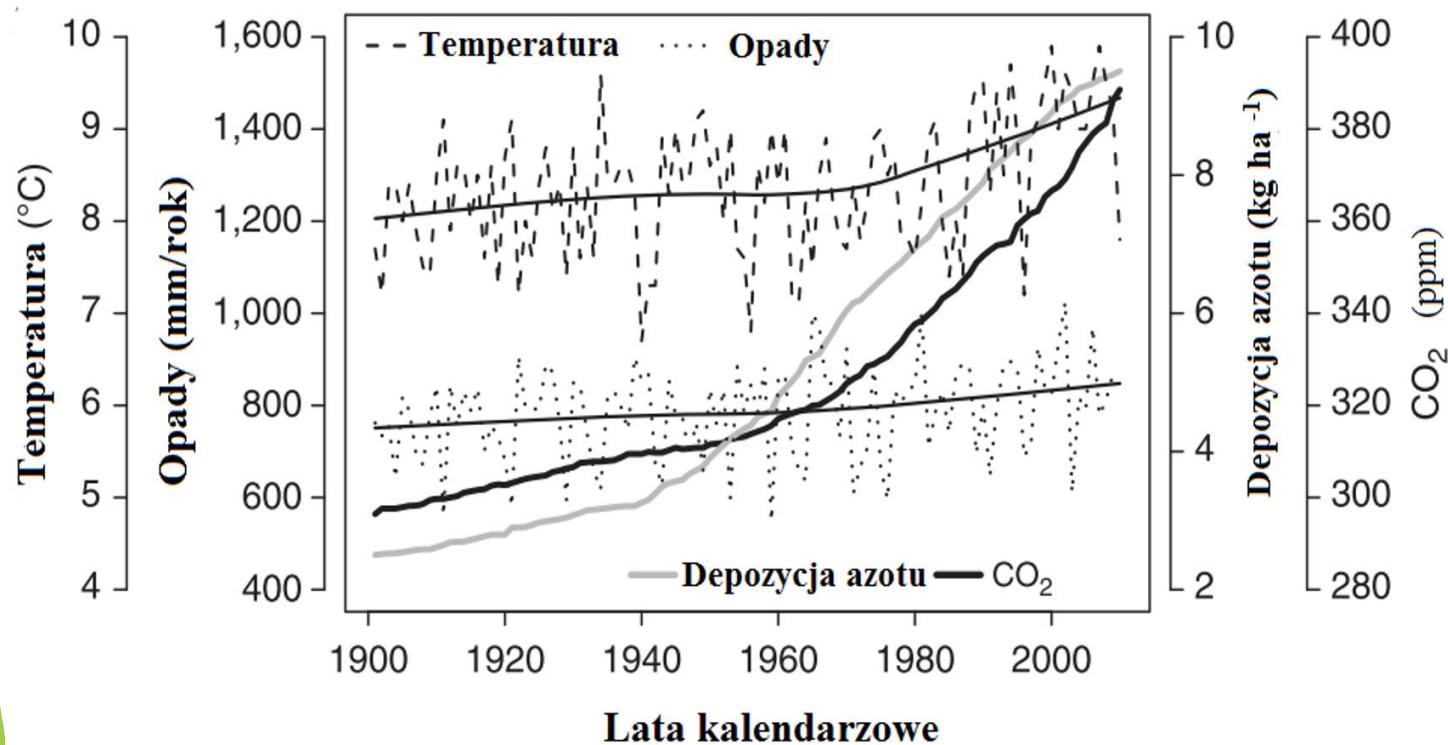
„Klimat wobec wyzwań XXI wieku”





Zmiany klimatu i antropopresja

1. Wzrost średniej temperatury powietrza - wydłużenie okresu wegetacyjnego
2. Wzrost stężenia CO_2 w atmosferze
3. Wzrost depozycji azotu do lat 90-tych XX wieku (aktualna średnia depozycja N w Polsce - **9,1 kg/ha/rok**)

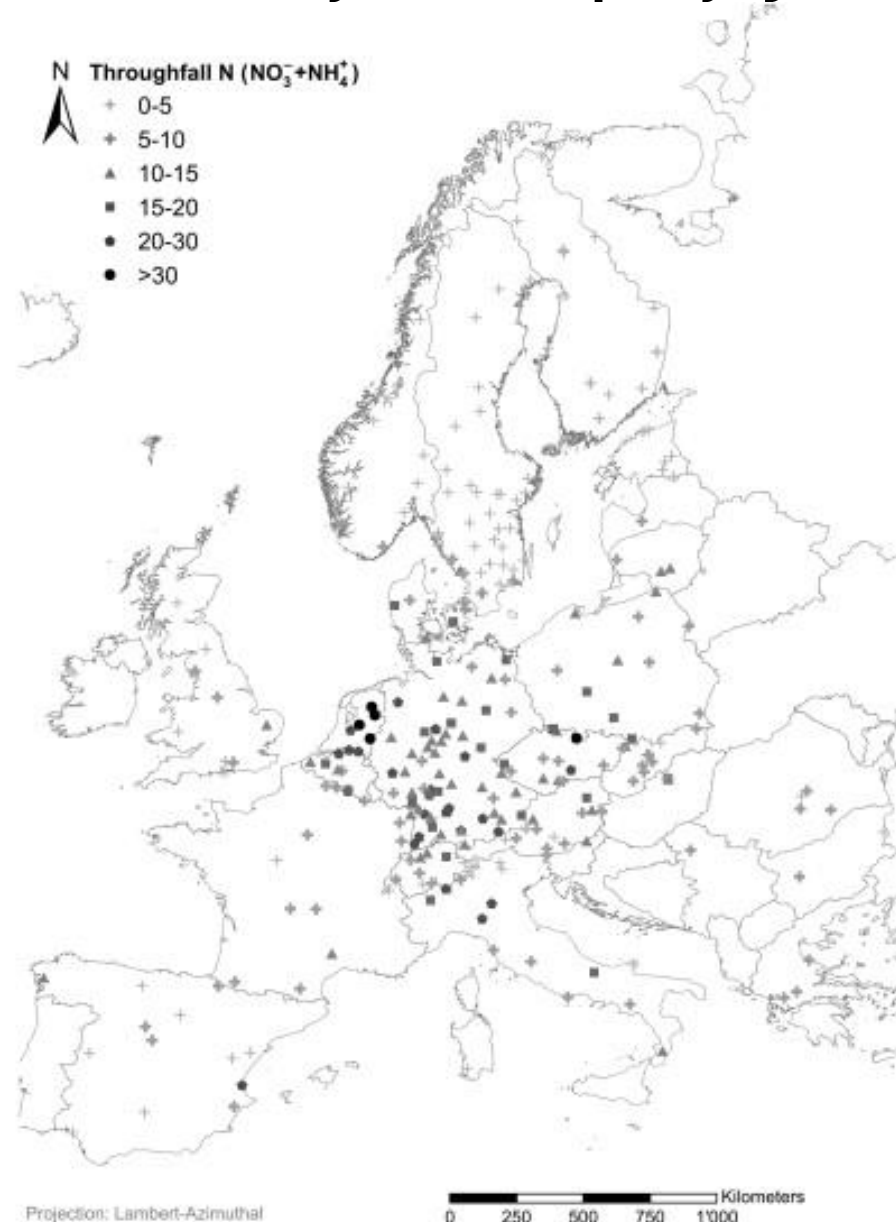


Ryc. 2. Zmiany temperatury, opadów i depozycji azotu w centralnej Europie od roku 1900. Źródło: [Pretzsch i in. 2014], zmienione.

Przewiduje się, że za 90 lat temperatury w Polsce będą odpowiadać obecnym temperaturom we Włoszech, Grecji czy Hiszpanii. Jak wpłynie to na oblicze planety i ekosystemy leśne?



Atmosferyczna depozycja nieorganicznego azotu - Europa



Źródło: Detection of temporal trends in atmospheric deposition of inorganic nitrogen and sulphate to forests in Europe (Waldner i in 2014)

Forest Ecology and Management 458 (2020) 117762

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Forest Ecology and Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foreco

Nitrogen deposition is the most important environmental driver of growth of pure, even-aged and managed European forests

Sophia Etzold^{a,*}, Marco Ferretti^a, Gert Jan Reinds^b, Svein Solberg^c, Arthur Gessler^a, Peter Waldner^a, Marcus Schaub^a, David Simpson^{d,e}, Sue Benham^f, Karin Hansen^{g,h}, Morten Ingerslevⁱ, Mathieu Jonard^j, Per Erik Karlsson^k, Antti-Jussi Lindroos^l, Aldo Marchetto^m, Miklos Manningerⁿ, Henning Meisenburg^o, Päivi Merilä^l, Pekka Nöjd^l, Pasi Rautio^p, Tanja G.M. Sanders^q, Walter Seidling^q, Mitja Skudnik^r, Anne Thimonier^a, Arne Verstraeten^s, Lars Vesterdal^l, Monika Vejpuskova^t, Wim de Vries^{b,u}

Depozycja azotu jest jednym z najważniejszych środowiskowych czynników wpływających na wzrost litych lasów gospodarczych w Europie

ARTICLE

Received 7 Mar 2014 | Accepted 12 Aug 2014 | Published 12 Sep 2014

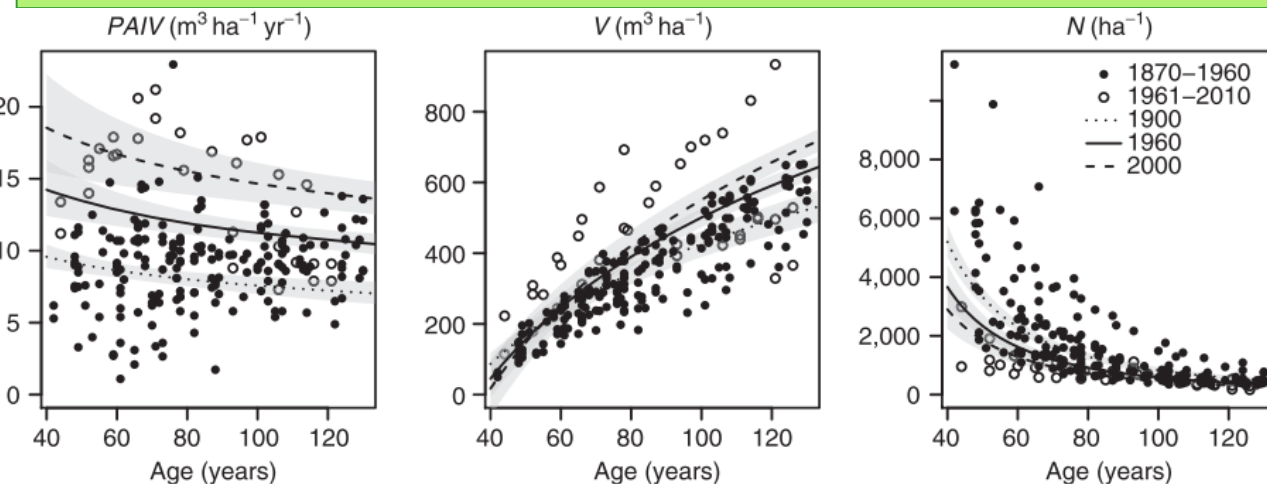
DOI: 10.1038/ncomms5967

OPEN

Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870

Hans Pretzsch¹, Peter Biber¹, Gerhard Schütze¹, Enno Uhl^{1,2} & Thomas Rötzer¹

Główne gatunki lasotwórcze wykazują szybszy przyrost pojedynczych drzew (+32 do 77%), przyrost miąższości drzewostanu (+10 do +30%), zwiększoną akumulację drewna na jednostce powierzchni (+6 do 7%)



Źródło: Pretzsch et al. 2014



Contents lists available at ScienceDirect

Forest Ecology and Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foreco



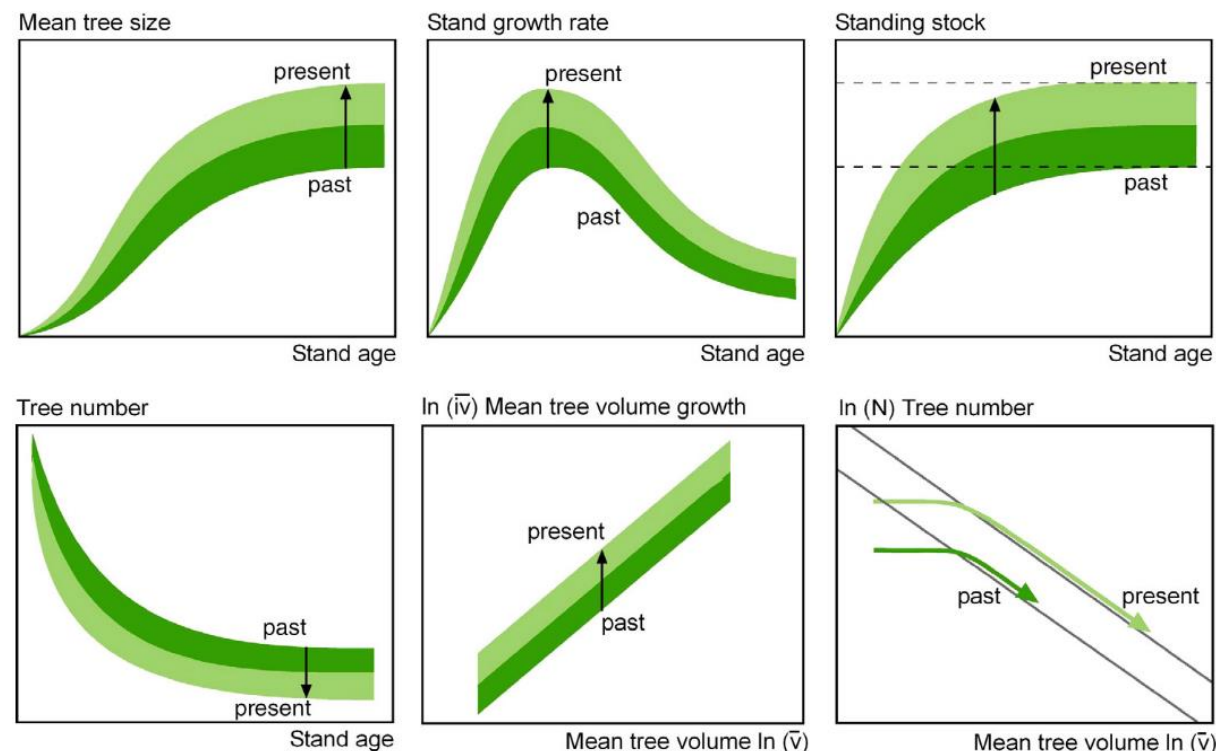
Changes of forest stand dynamics in Europe. Facts from long-term observational plots and their relevance for forest ecology and management



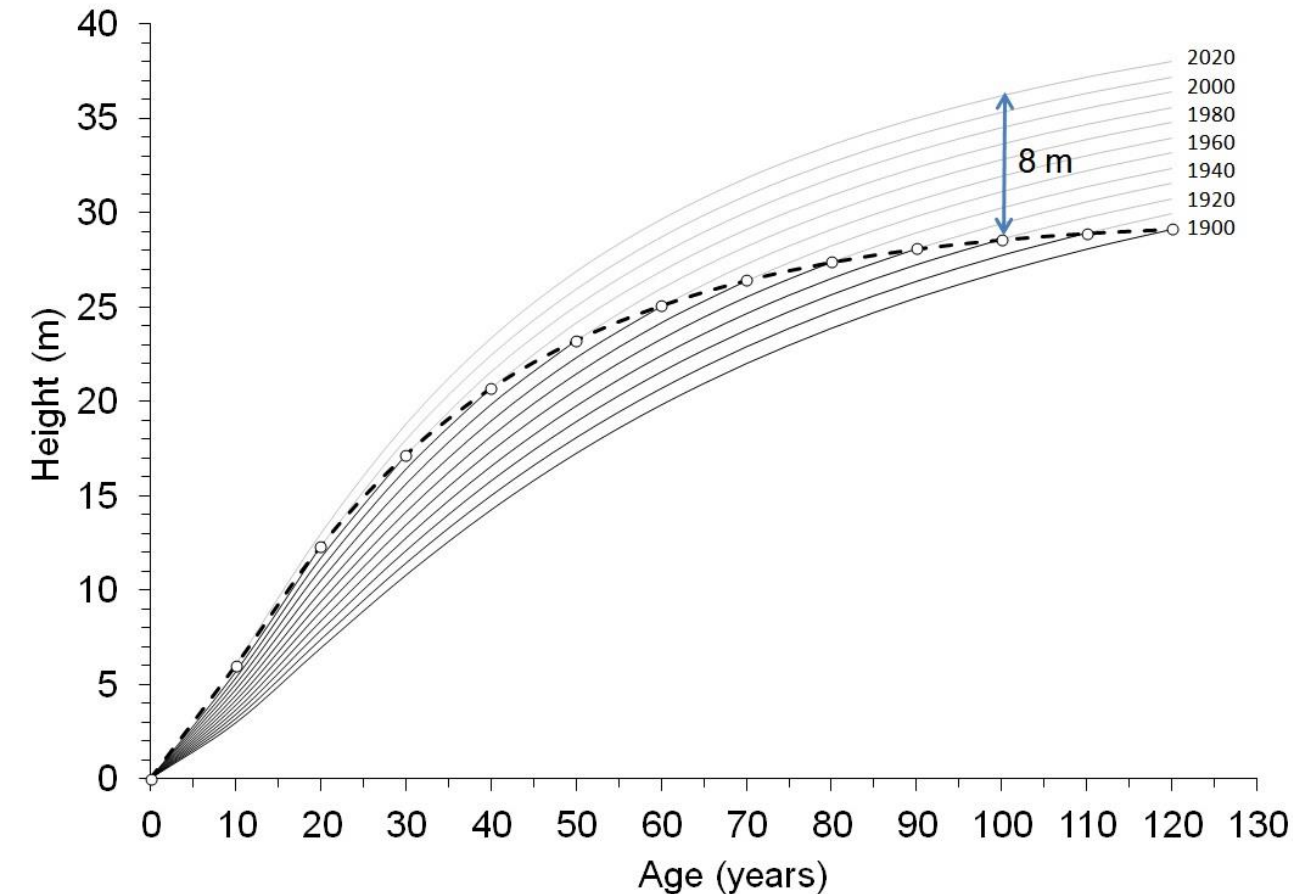
Hans Pretzsch^{a,*}, Peter Biber^a, Gerhard Schütze^a, Kamil Bielak^b

^a Chair for Forest Growth and Yield Science, Center of Life and Food Sciences Weihenstephan, Technische Universität München, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising, Germany

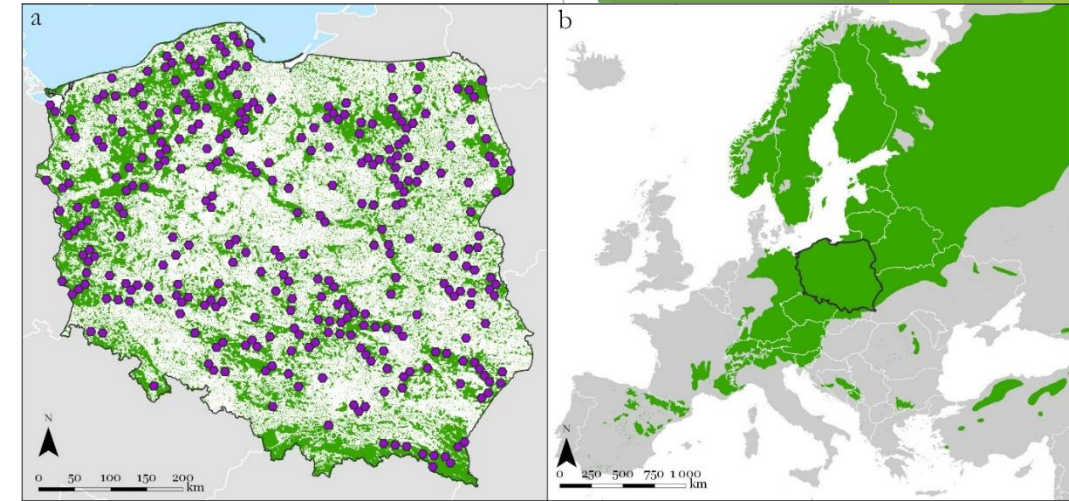
^b Department of Silviculture, Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Nowoursynowska 159/34, 02-776 Warsaw, Poland



Zwiększony przyrost wysokości drzew w Polsce - drzewostany sosny zwyczajnej są aktualnie średnio o 29 % (ponad 8 m) wyższe niż 100 lat temu



Ryc. Wzrost wysokości różnych generacji sosny zwyczajnej w Polsce (Socha i in. 2021)



Ryc. Lokalizacja drzewostanów, dla których wykonano analizy wzrostu wysokości drzew – analizy strzał (a) oraz zasięg sosny zwyczajnej w Europie (b)

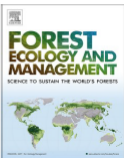
Forest Ecology and Management 490 (2021) 119102



Contents lists available at ScienceDirect

Forest Ecology and Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foreco



Height growth rate of Scots pine in Central Europe increased by 29% between 1900 and 2000 due to changes in site productivity

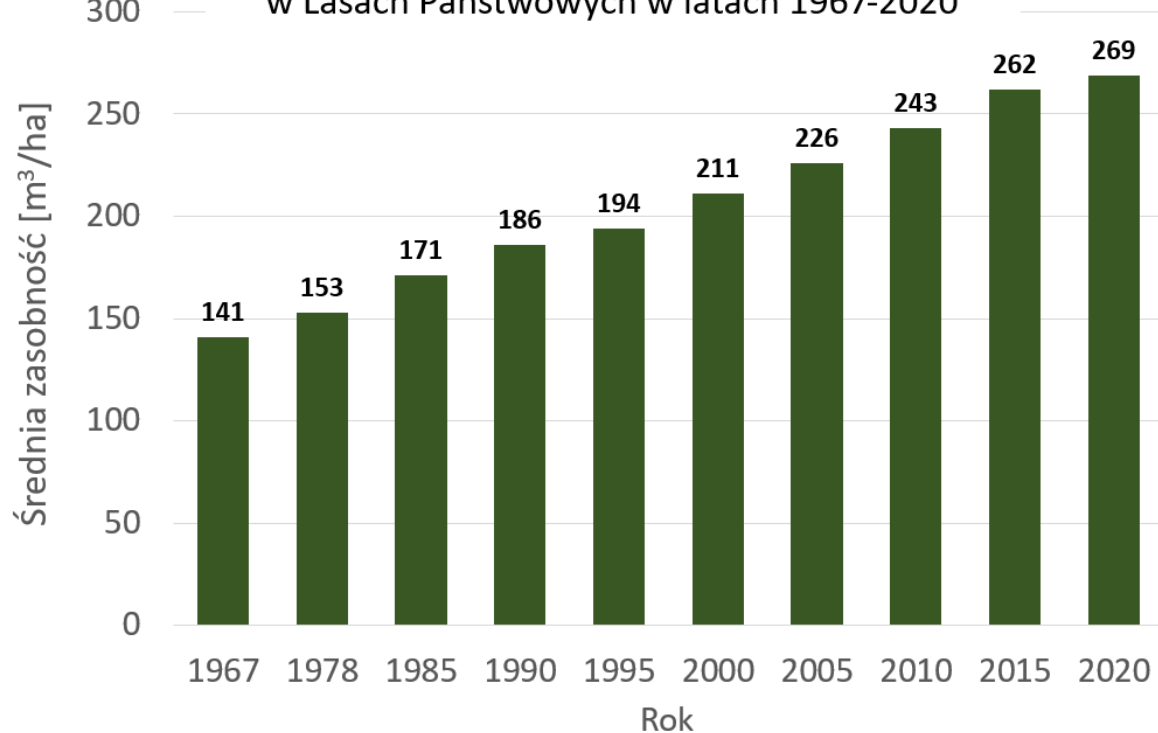
Jarosław Socha^{a,*}, Svein Solberg^b, Luiza Tymieńska-Czabańska^a, Piotr Tompański^c, Patrick Vallet^d



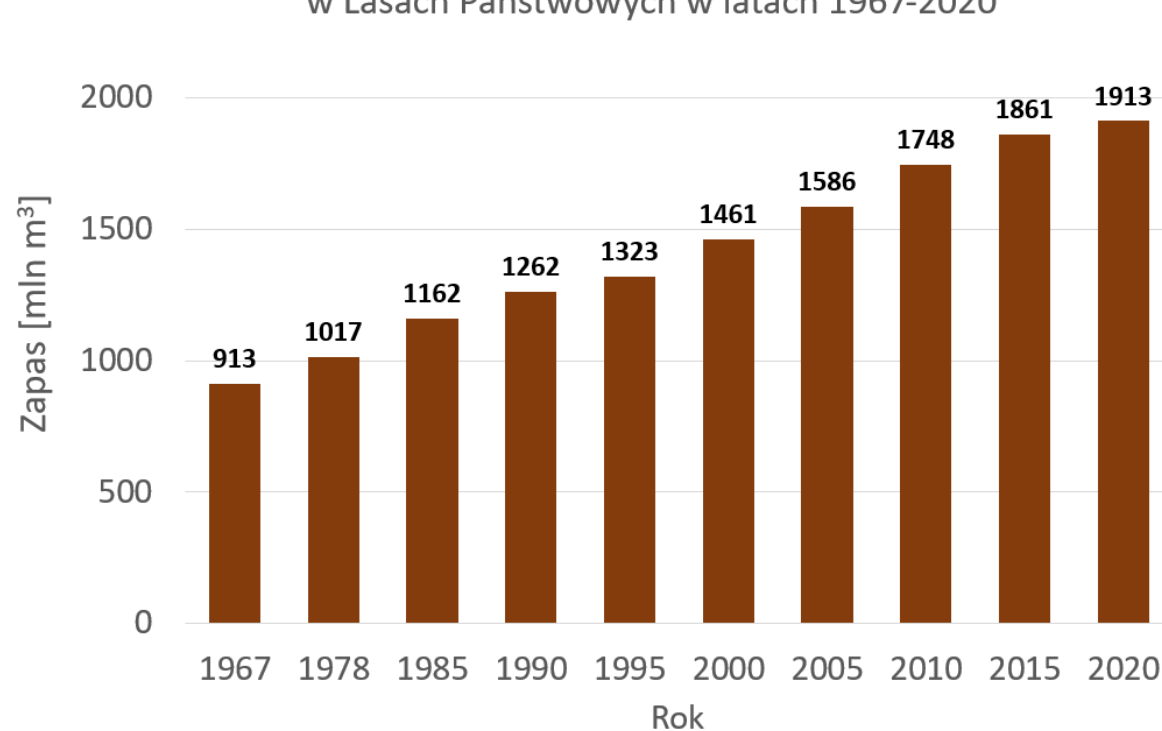


Zmiany zasobów leśnych Polski

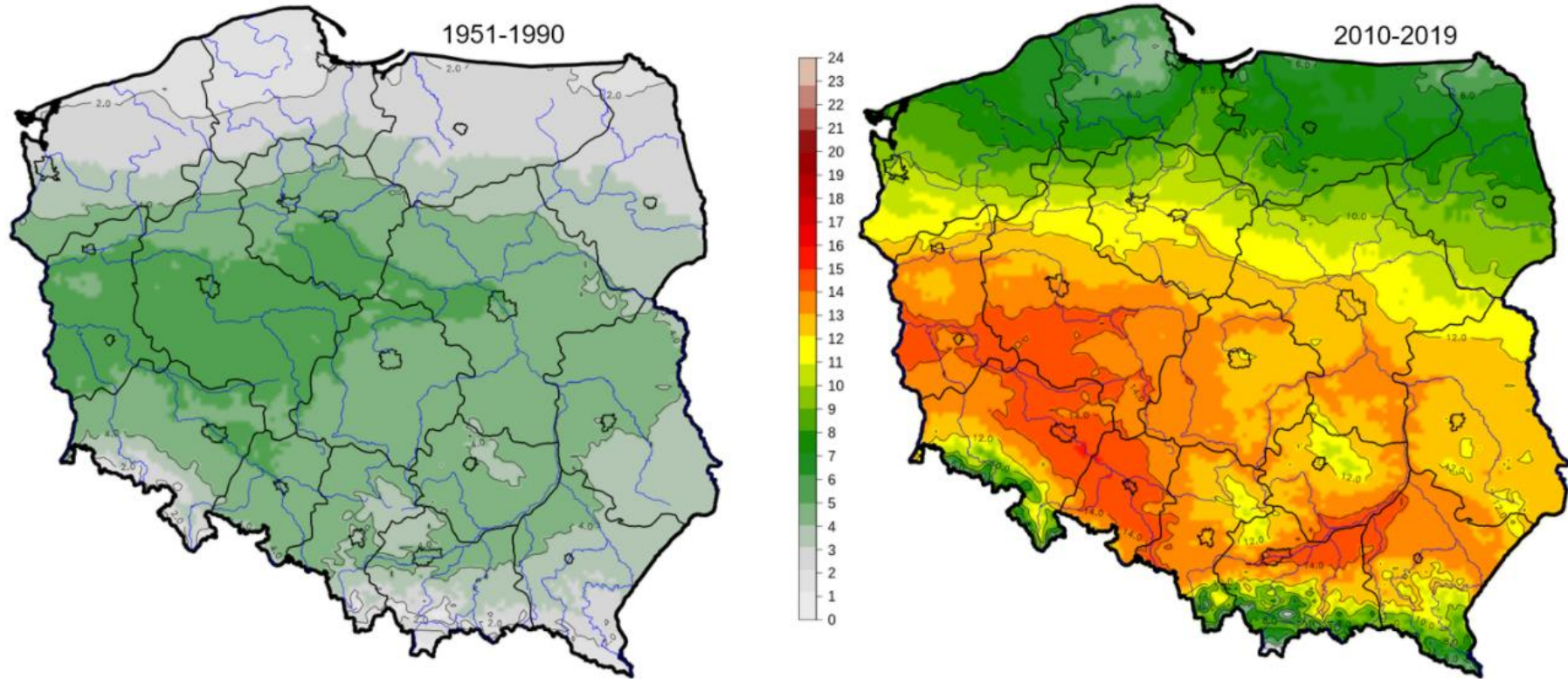
Zmiana zasobności (średniej ilości drewna na 1 ha)
w Lasach Państwowych w latach 1967-2020



Zmiana zapasu (całkowitych zasobów drewna na pniu)
w Lasach Państwowych w latach 1967-2020



Liczba dni upalnych z temperaturą maksymalną $\geq 30^{\circ}\text{C}$

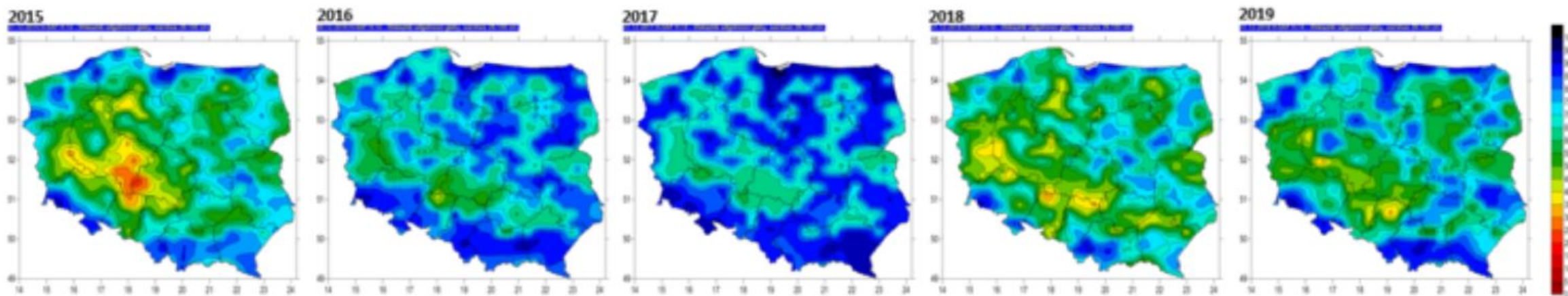


Liczba dni upalnych z temperaturą maksymalną co najmniej 30°C . Po lewej w okresie historycznym 1951-1990, po prawej w dekadzie 2010-2019. Źródło Meteomodel.pl



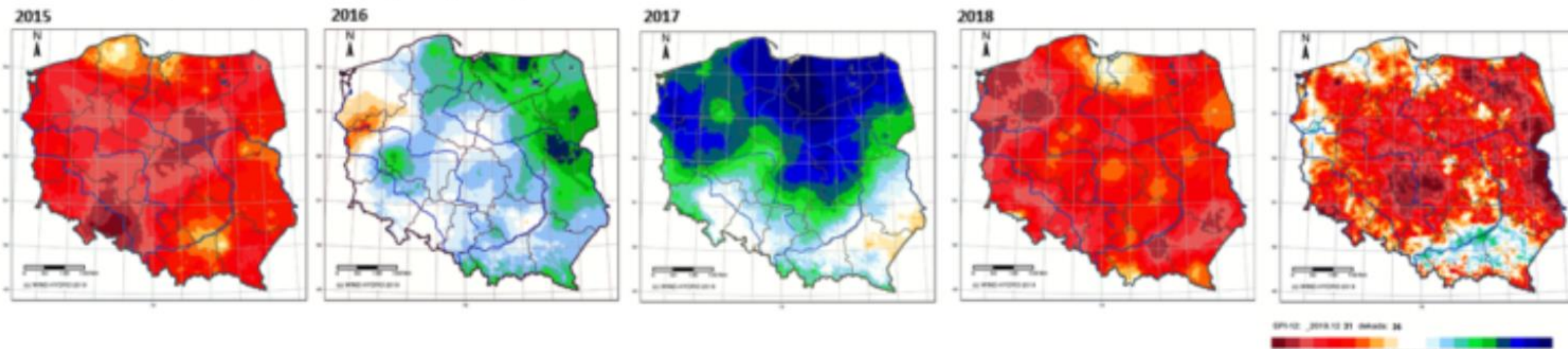
Susza jako jeden z głównych czynników stresu dla lasów w ostatnich latach

Wskaźnik wilgotności gleby w % (warstwa 28-100 cm) na koniec roku:



Wskaźnik standaryzowanego rocznego opadu (SPI-12) na koniec roku:

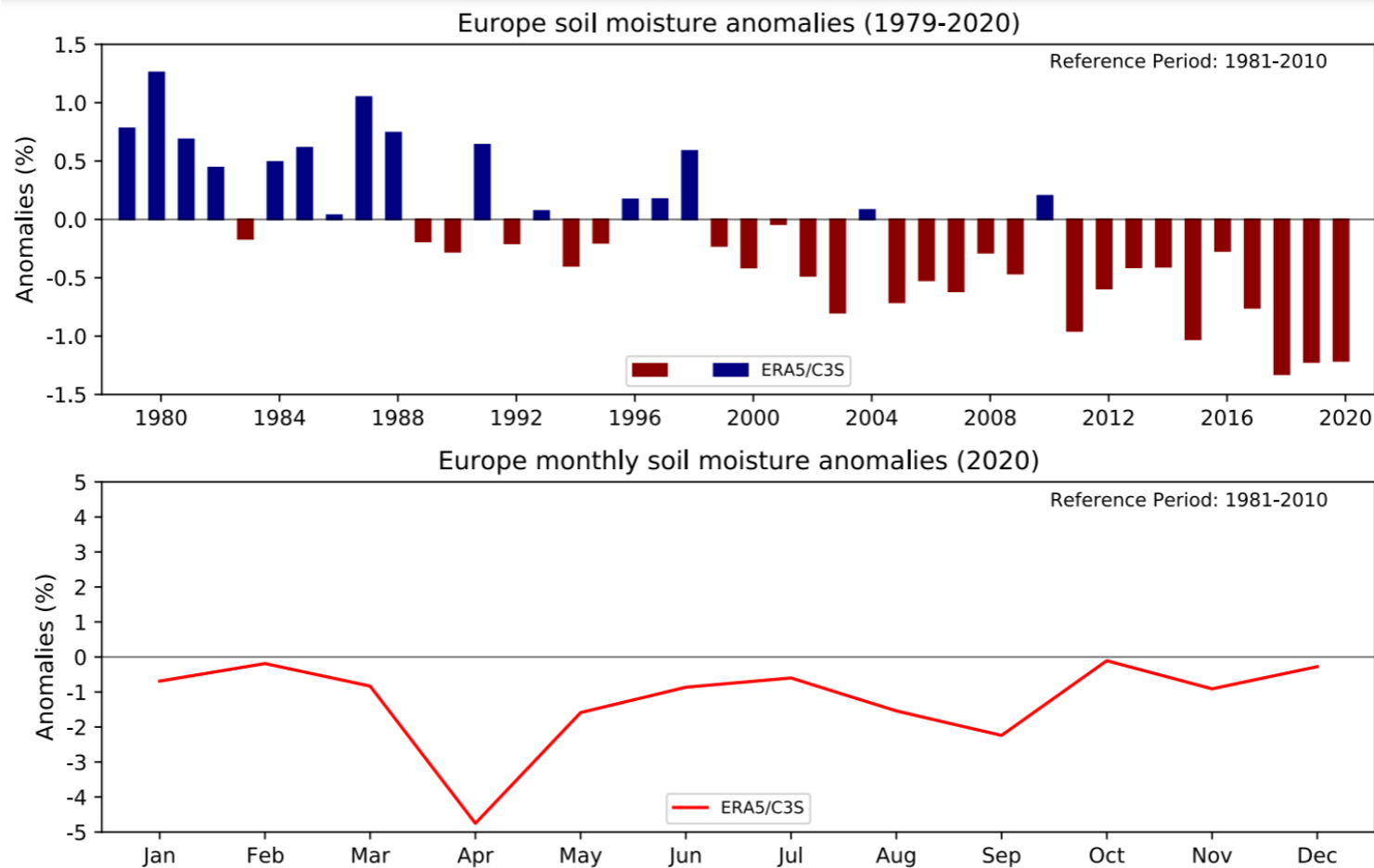
Źródło: <http://agrometeo.pogodynka.pl/obrazysat>



Źródło: dane projektu S4D (Service 4 Drought) – windhydro.pl



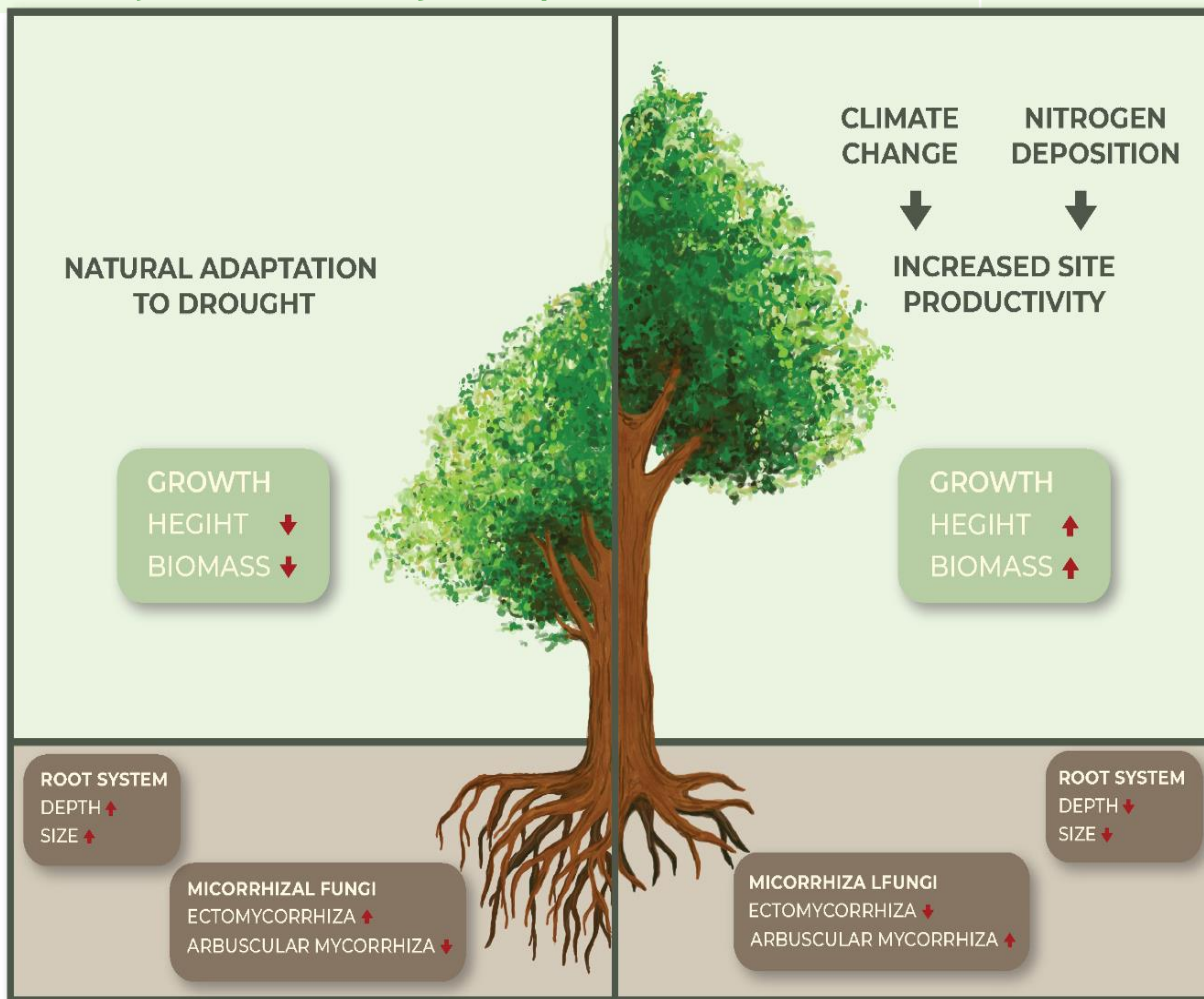
Anomalia średniorocznej wilgotności gleb w Europie



(Top) Annual European soil moisture anomalies (%) from 1979 to 2020 relative to the annual average for the 1981–2010 reference period. Data source: ERA5. Credit: C3S/ECMWF. (Bottom) Monthly European soil moisture anomalies (%) in 2020 relative to the monthly average for the 1981–2010 reference period. Data source: ERA5. Credit: C3S/ECMWF.

Mechanizmy zwiększania odporności na suszę

Naturalne przystosowania adaptacyjne zwiększające odporność drzew leśnych na suszę	Obserwowane procesy towarzyszące zmianom warunków siedliskowych i depozycji azotu
➤ Zmniejszony przyrost nadziemnej biomasy	➤ Zwiększona konkurencja -> Szybszy przyrost części nadziemnej
➤ Rozbudowa systemów korzeniowych	➤ Duża dostępność N -> redukcja wielkości systemów korzeniowych
➤ Symbiozy z grzybami ektomikoryzowymi	➤ Dostępność N-> Zmniejszenie ilości grzybów ektomikoryzowych
➤ Mniejsze rozmiary drzew -> mniejsze zapotrzebowanie na wodę	➤ Zwiększenie rozmiarów drzew -> większe zapotrzebowanie na wodę

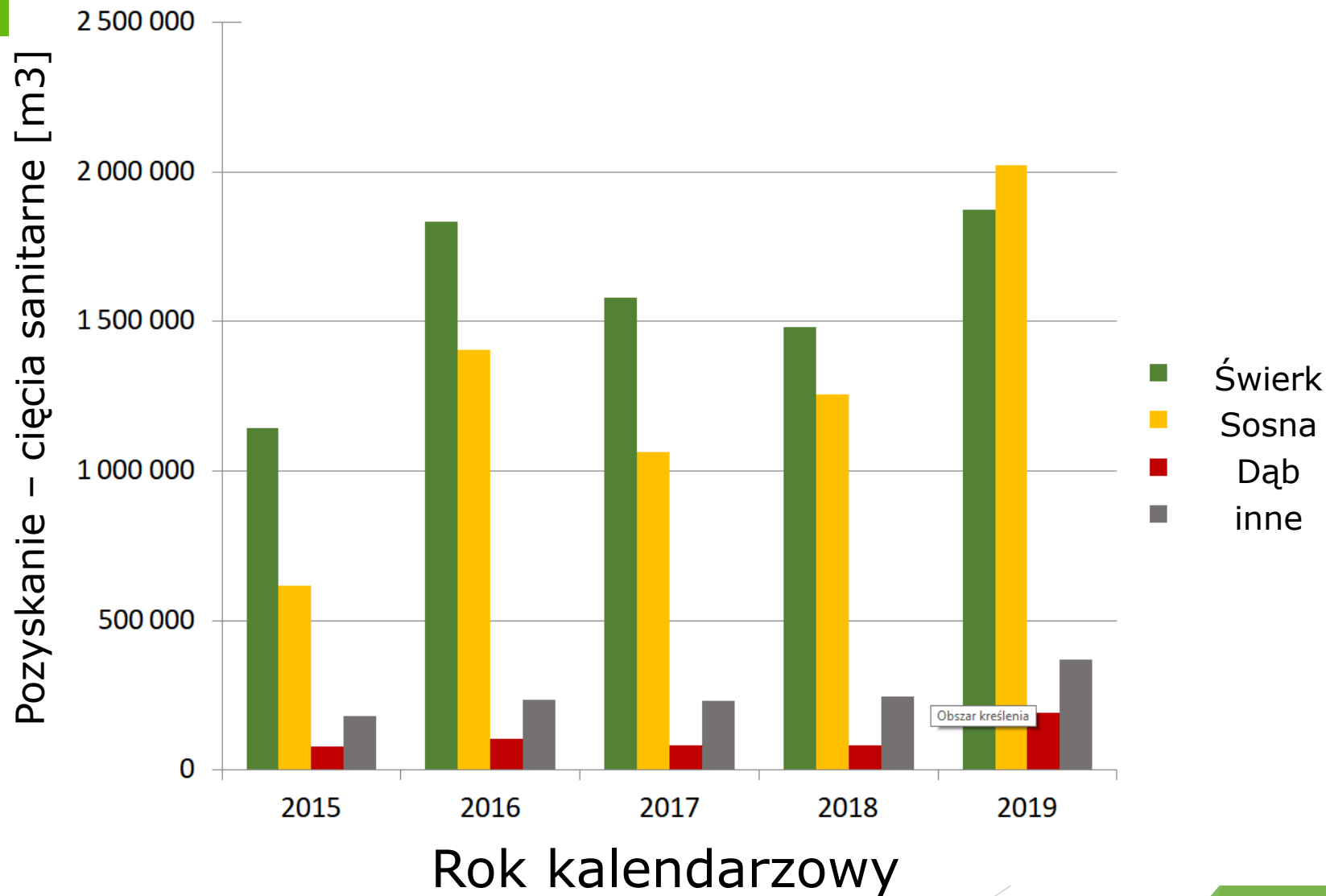


Ryc. Naturalna adaptacja do suszy a wpływ zwiększonej produktywności siedlisk na allometrię drzew

Źródło: (Socha et al. 2021)



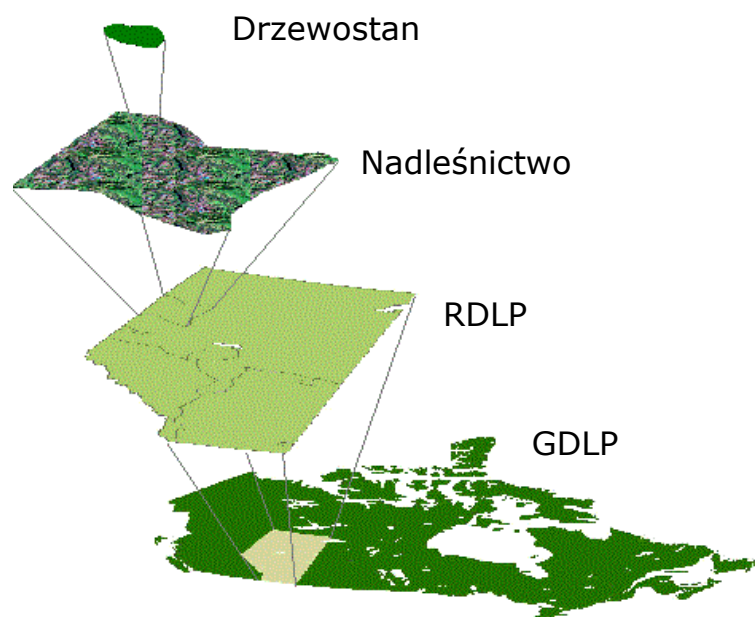
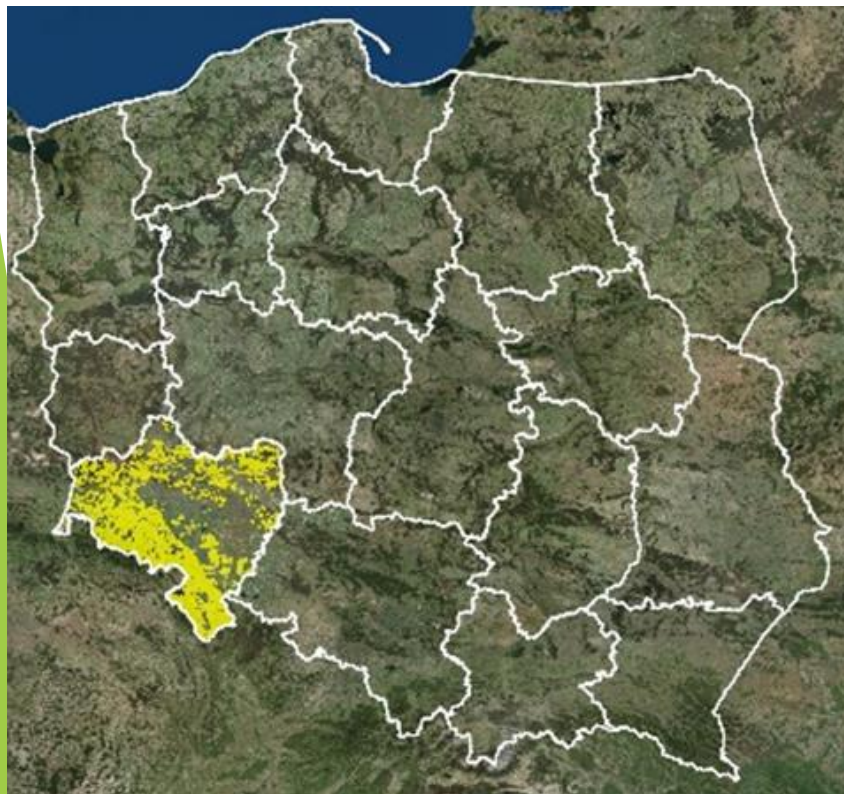
Zamieranie drzewostanów - największe aktualne wyzwanie dla gospodarki leśnej w Polsce



Badania nad modelowaniem zagrożenia zamieraniem lasów

- Cel: określenie głównych czynników ryzyka, wskazanie drzewostanów najbardziej zagrożonych z określeniem prawdopodobieństwa zagrożenia zamieraniem dla wszystkich lasów w Polsce

Dane o rozpadach z RDLP

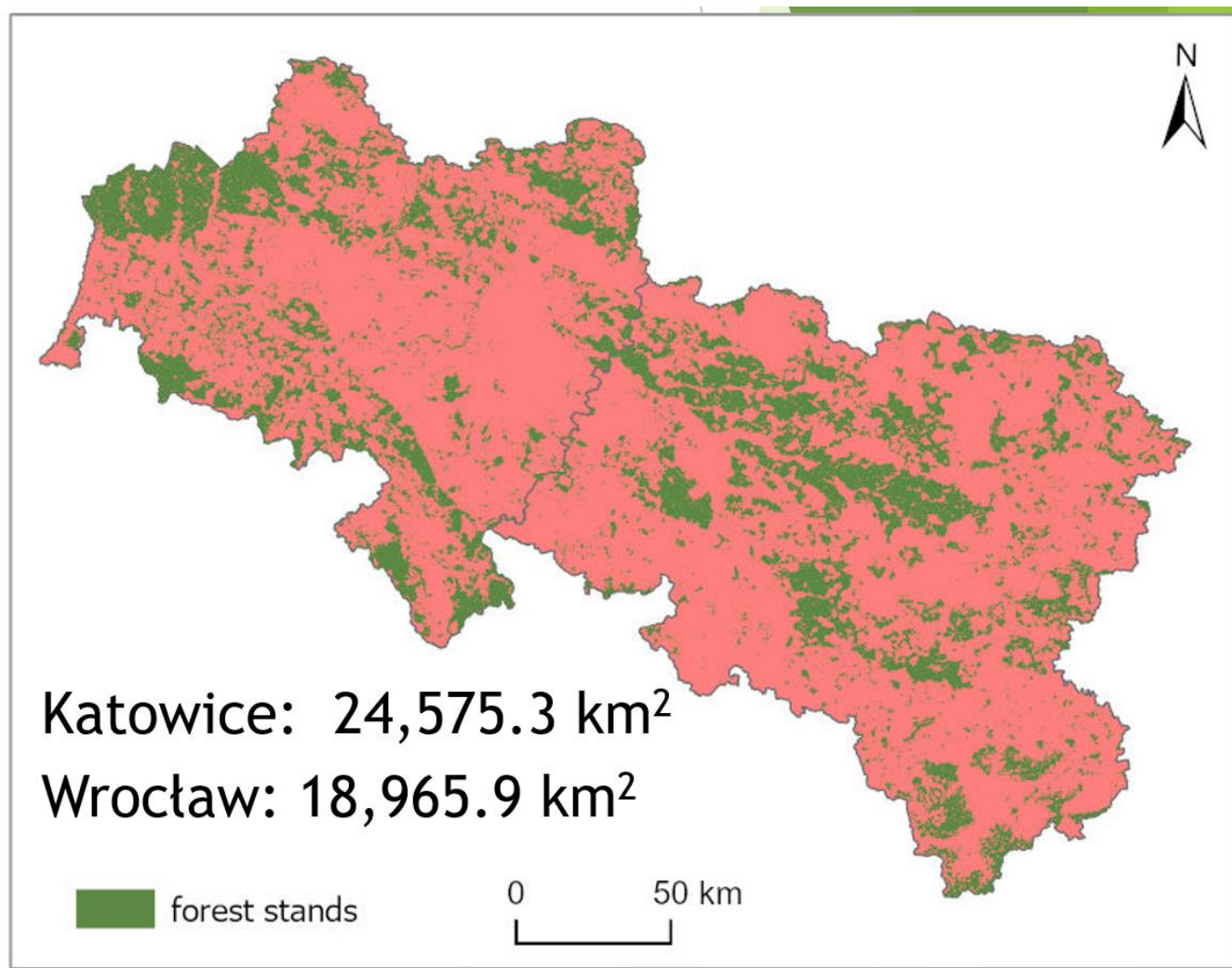


Ryc. Poziomy symulowania długoterminowych konsekwencji zagrożenia drzewostanów i wielkości pozyskania drewna w związku z różnymi scenariuszami postępowania





Baza danych o zamieraniu



~ 2.2 million forest stands

Katowice: 24,575.3 km²

Wrocław: 18,965.9 km²

Powierzchnia lasów: 802,330.0 ha

Liczba drzewostanów: 172 731

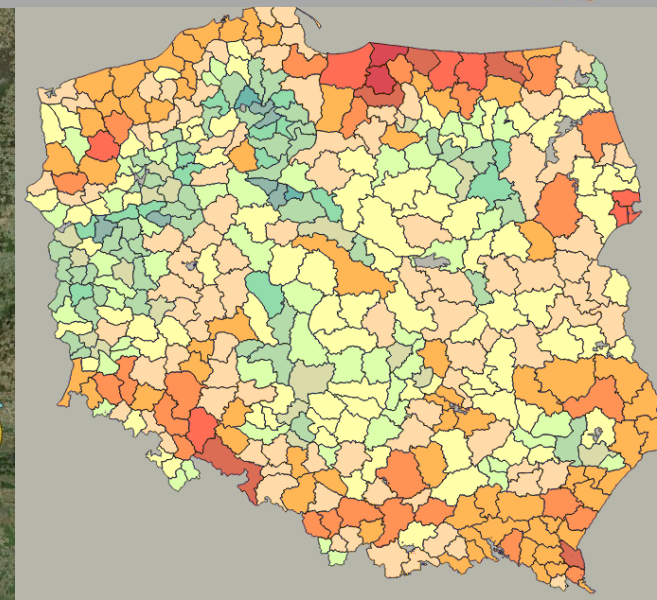
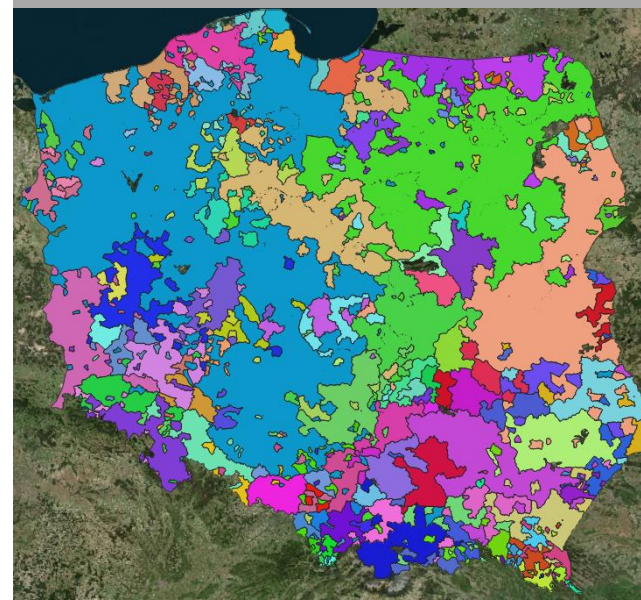
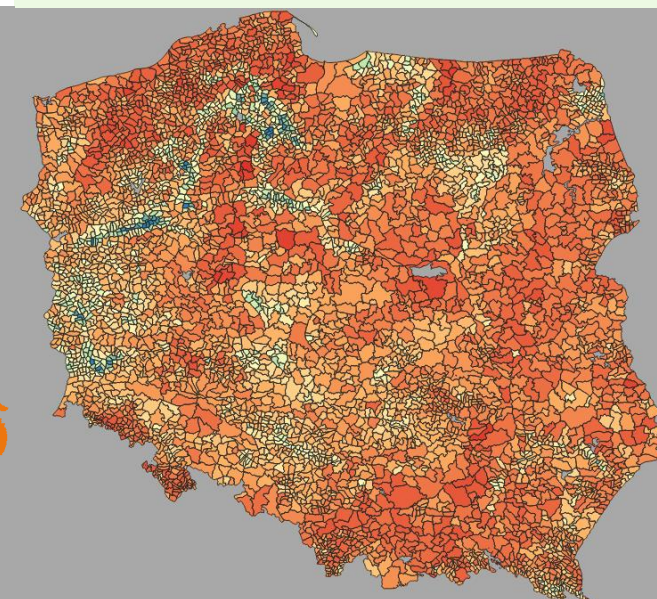
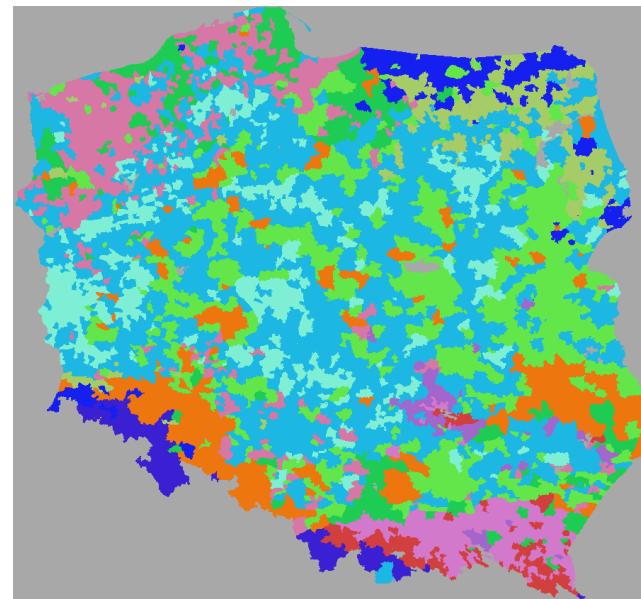
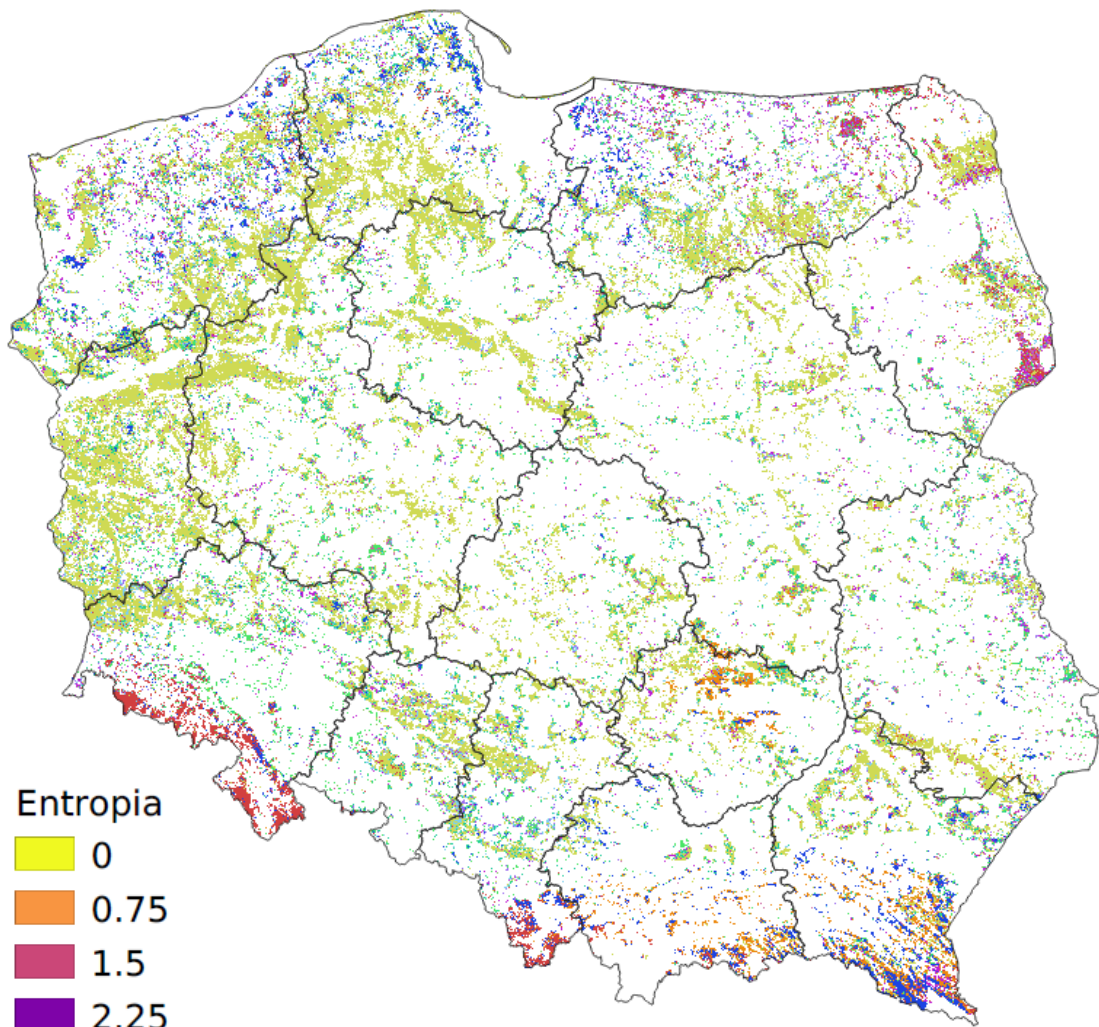


Analizowane zmienne: bioróżnorodność

Bioróżnorodność – entropia - Shannon Index

Zróźnicowanie gatunkowo – wymiarowe drzew leśnych

Entropia – Sentinel 2

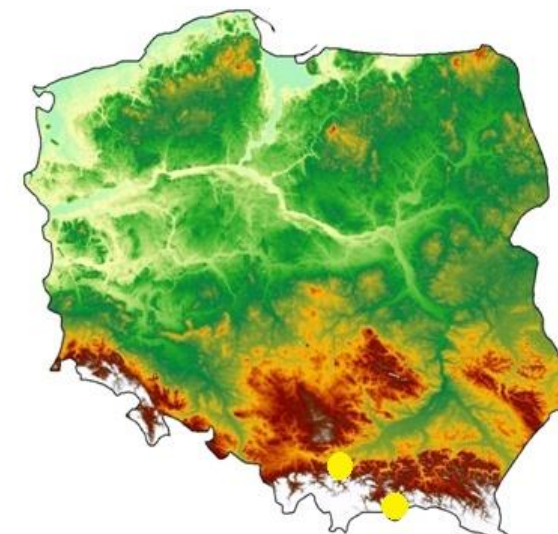
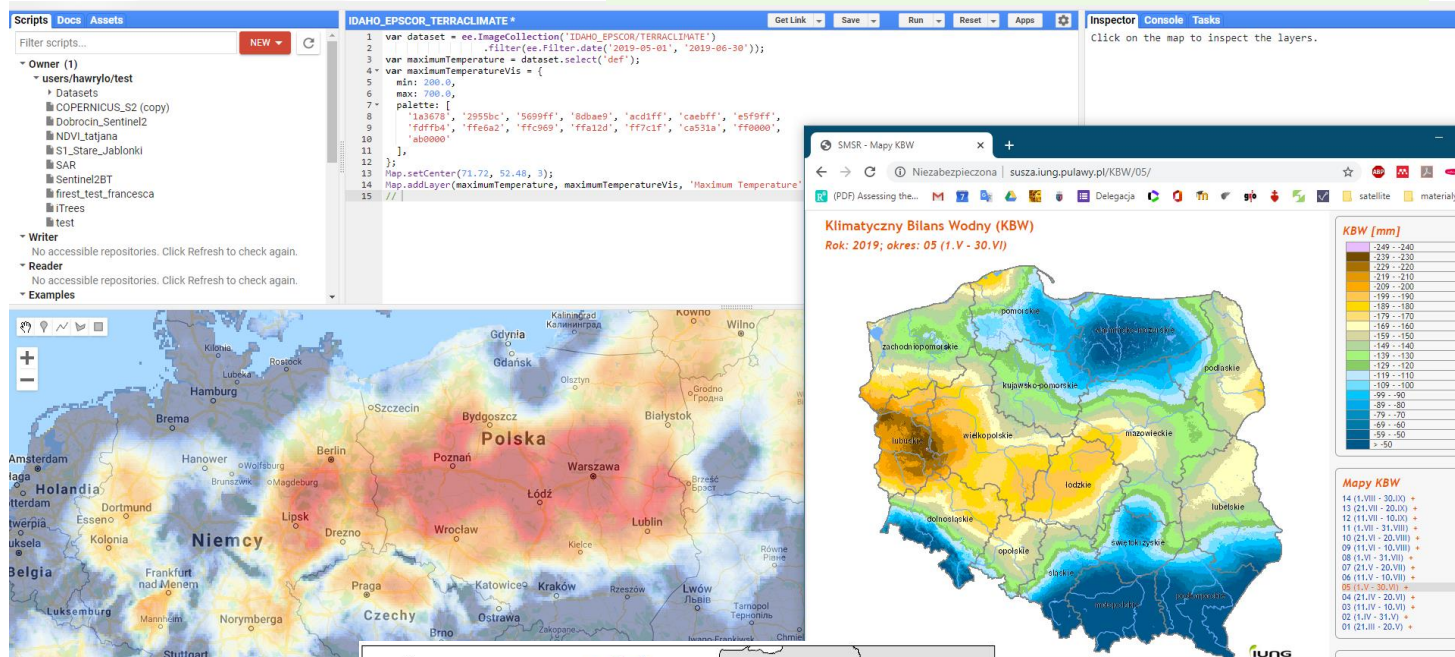


Analizowane zmienne: warunki pogodowe, właściwości gleby, geologia, topografia



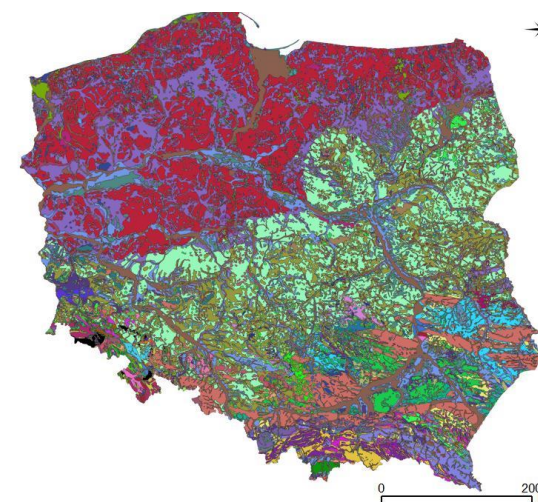
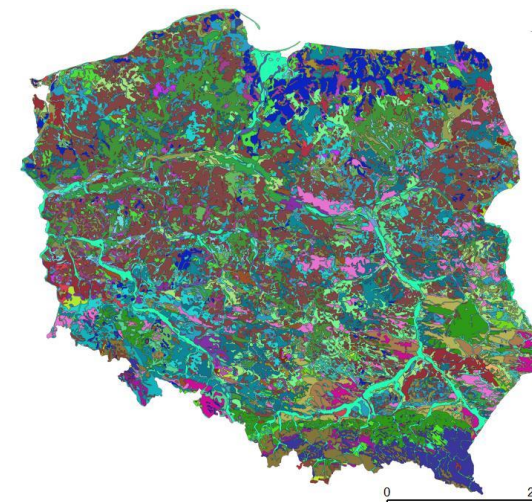
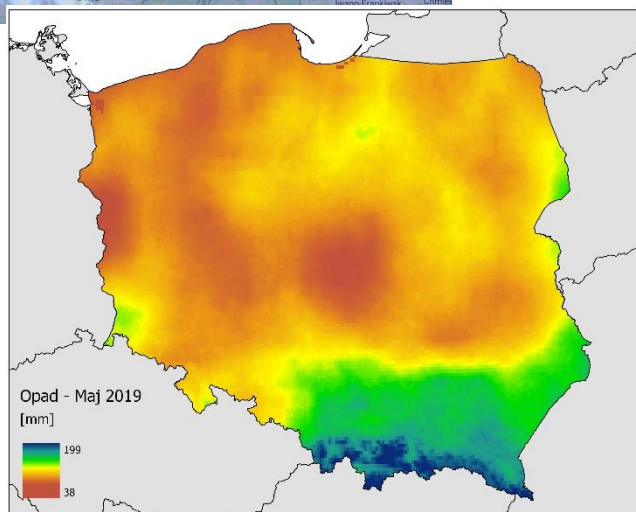
Dane meteorologiczne: Terraclimate

Topografia: wzniesienie, Topographic Wetness Index, Topographic Position Index, Nachylenie, Wystawa.



Soil maps

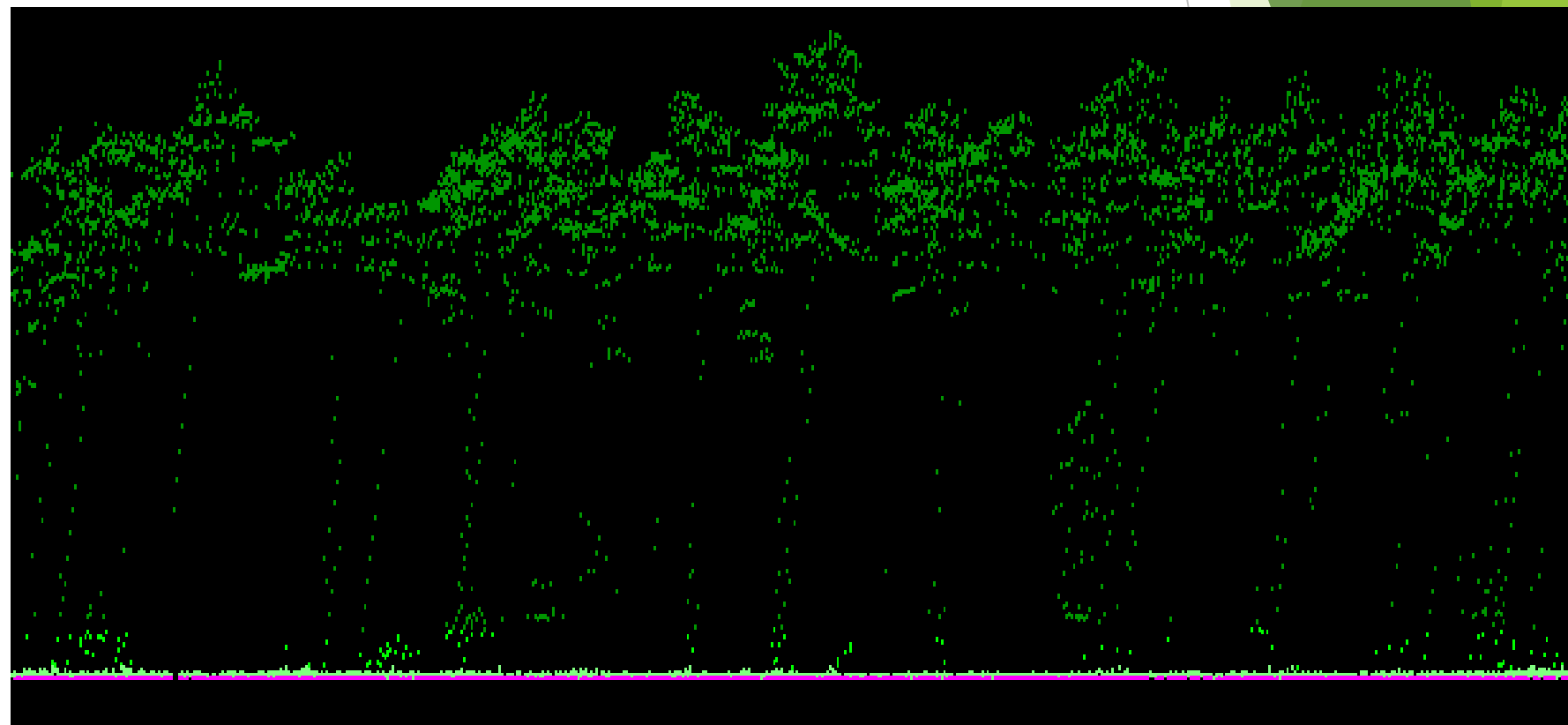
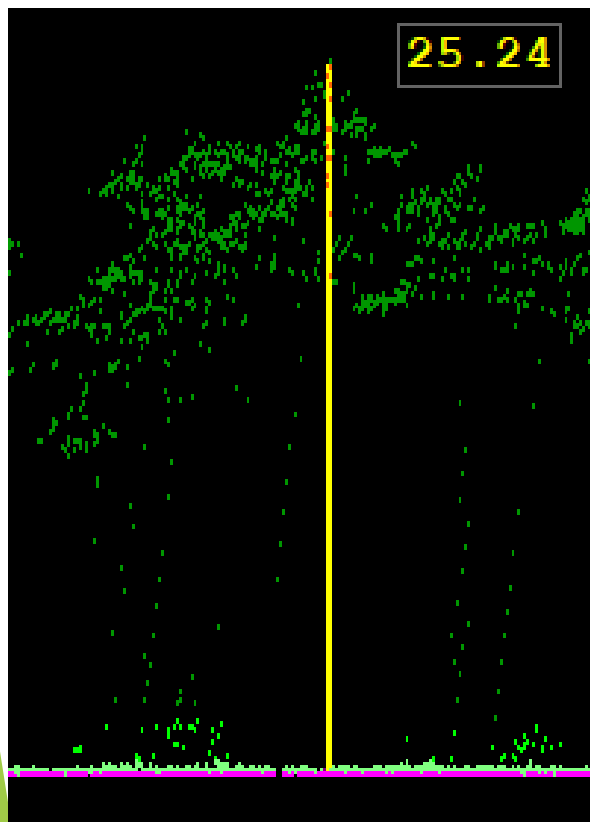
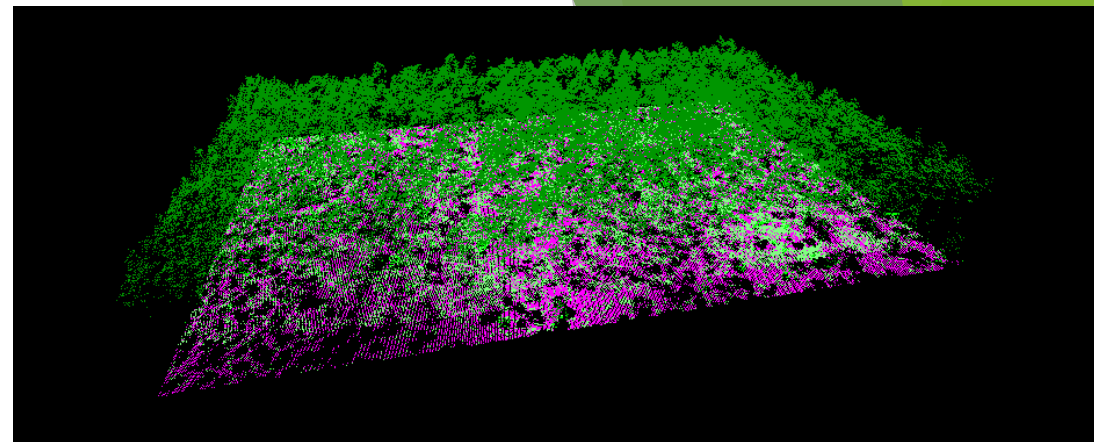
Geological substratum





Wybrane cechy drzewostanów uzyskane z lotniczego skanowania laserowego (ALS)

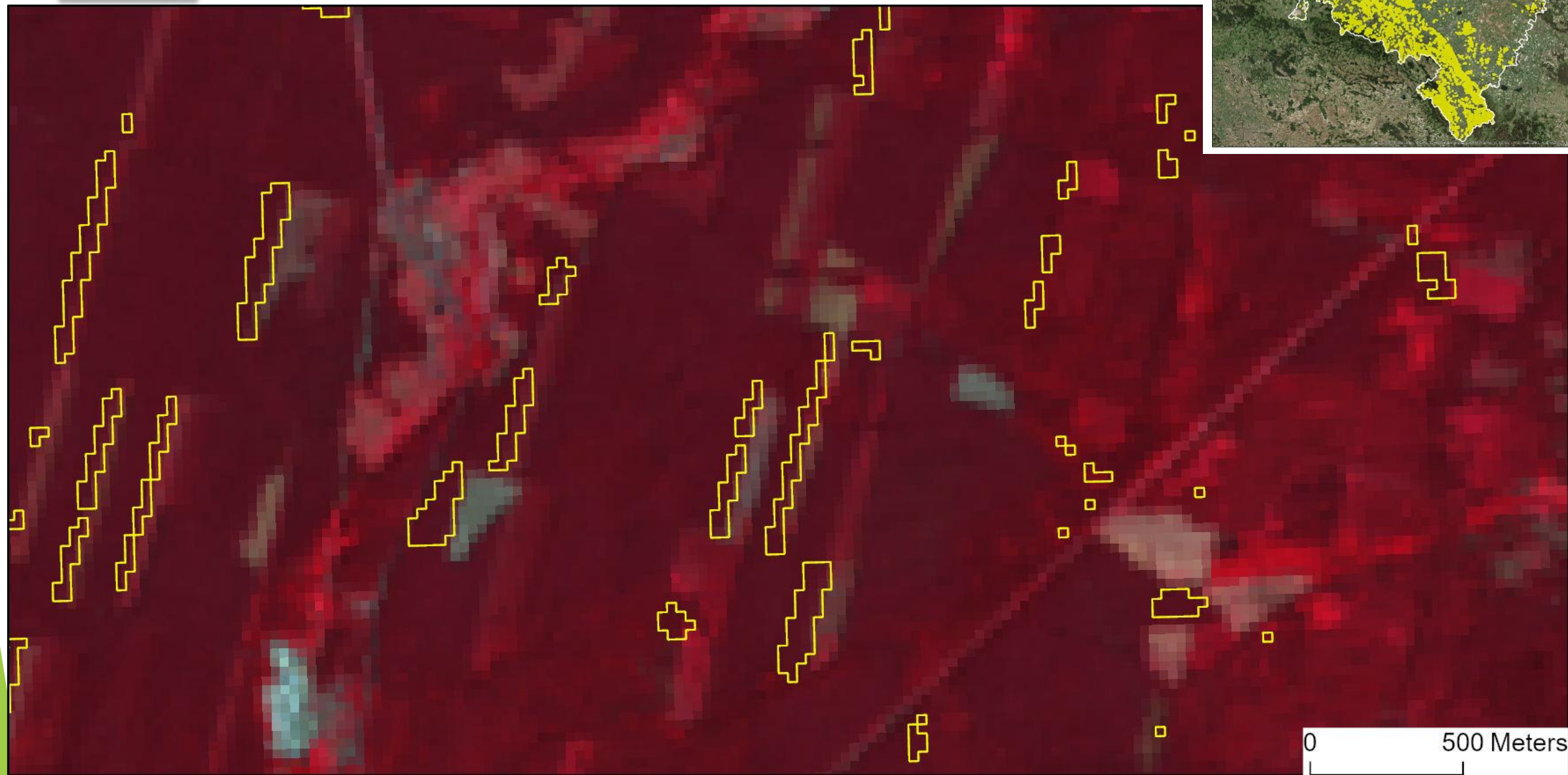
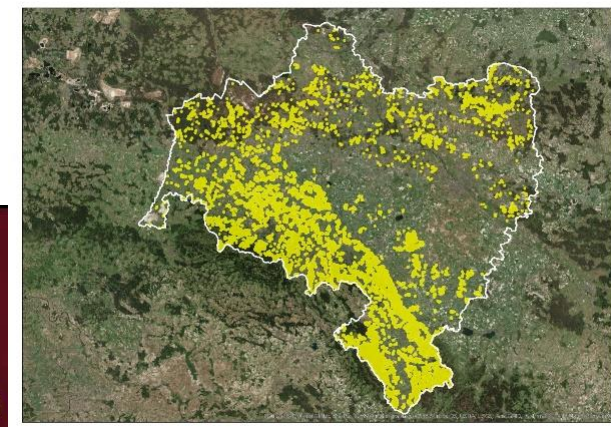
- Wysokość drzewostanu,
- wskaźnik bonitacji (jakości siedliska)





Weryfikacja danych o zamieraniu

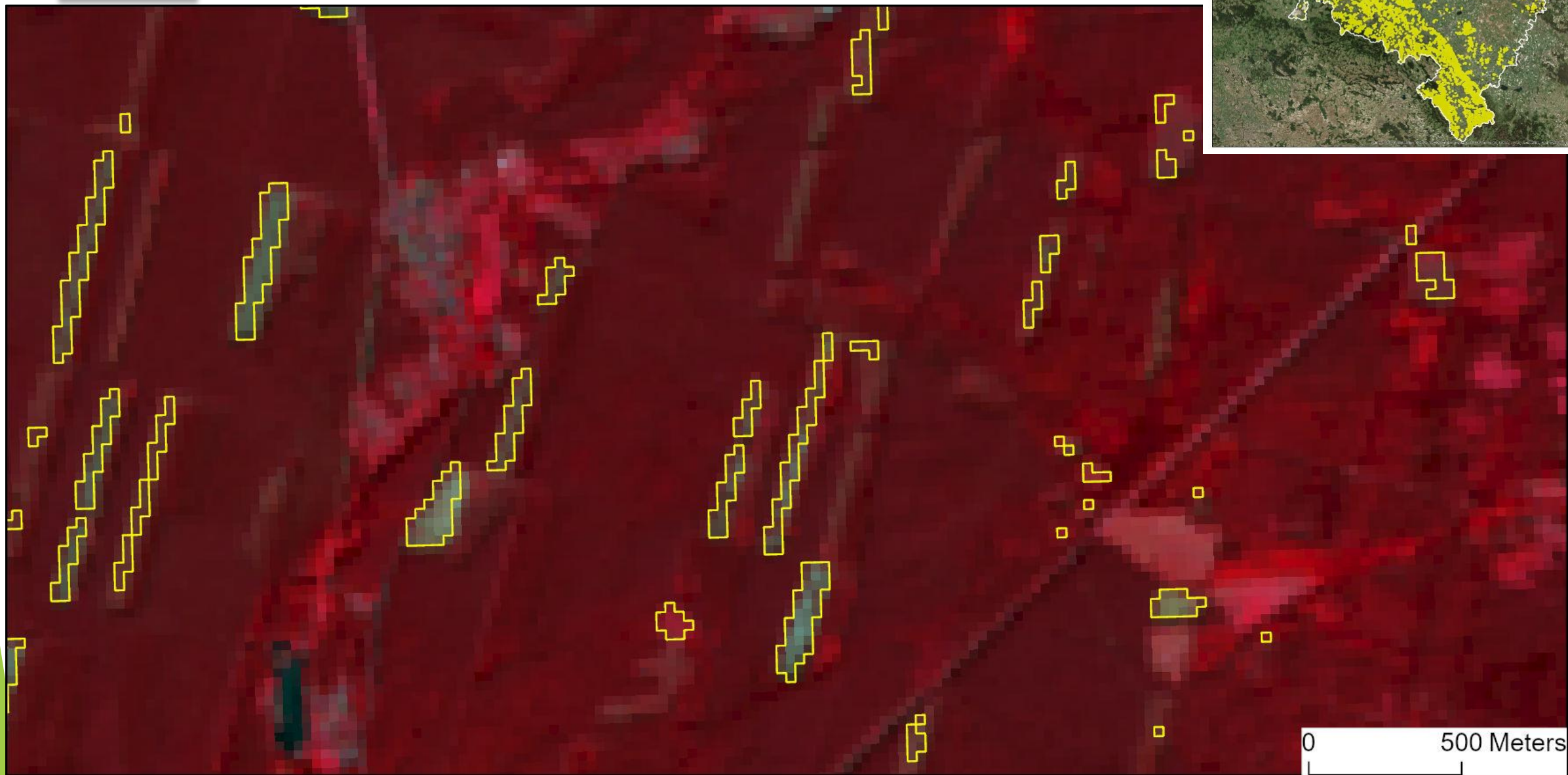
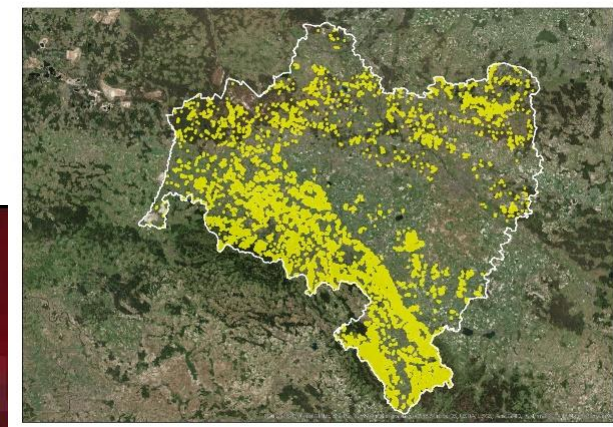
Zobrazowanie Landsat: Lipiec 2013



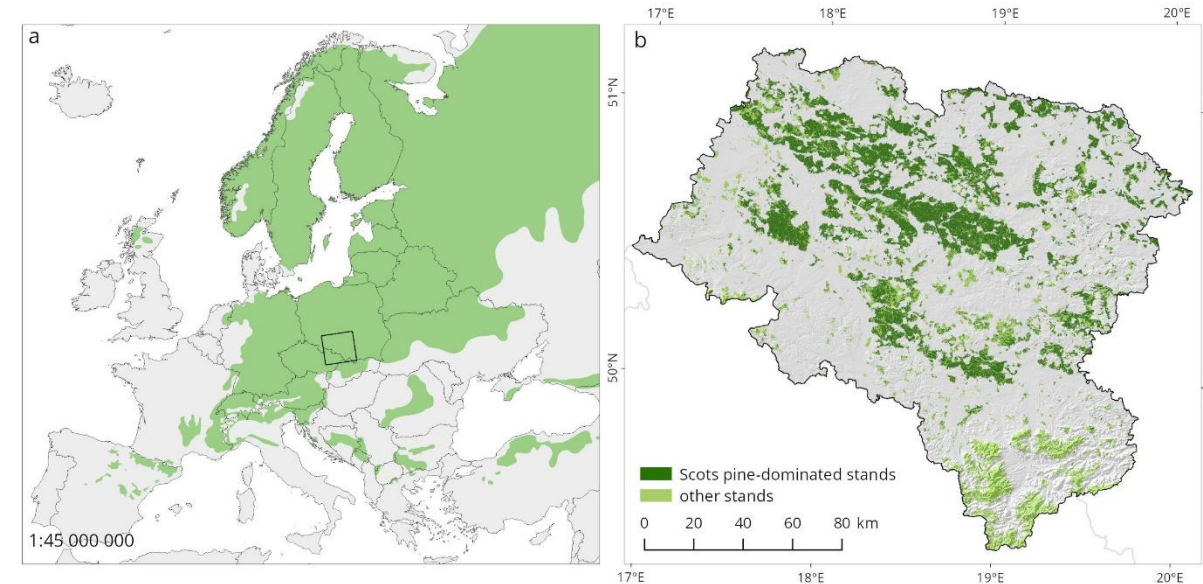
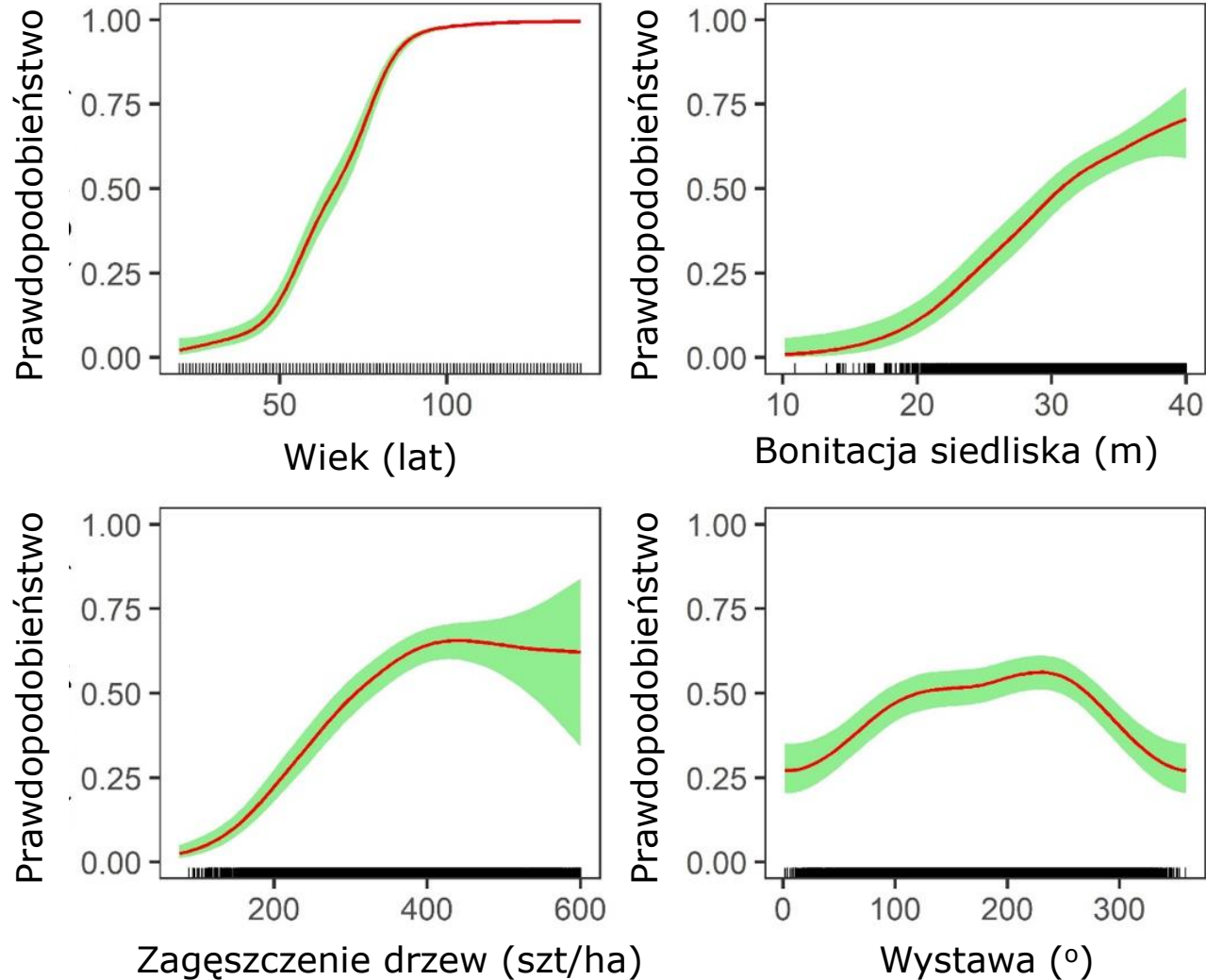


Weryfikacja danych o zamieraniu

Zobrazowanie Landsat: Sierpień 2020



Zwiększony przyrost i wiek drzew zwiększają ryzyko śmiertelności w wyniku suszy



Accelerated tree growth and tree age increase susceptibility to drought-induced forest mortality

Jarosław Socha^{1*}, Paweł Hawryło¹, Björn Reineking², Luiza Tymińska-Czabańska¹, Marcus Lindner³, Paweł Netzel¹, Ewa Grabska-Szwagrzyk¹, Ronny Vallejos³, Christopher P.O. Reyer⁴

¹ Department of Forest Resources Management, Faculty of Forestry, University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, Poland

² Department of Ecology and Biodiversity of forest, grassland and freshwater ecosystems, French National Institute for Agriculture, Food, and Environment (INRAE), F-38402 St-Martin-d'Hères, France

³ European Forest Institute, Bonn, Germany,

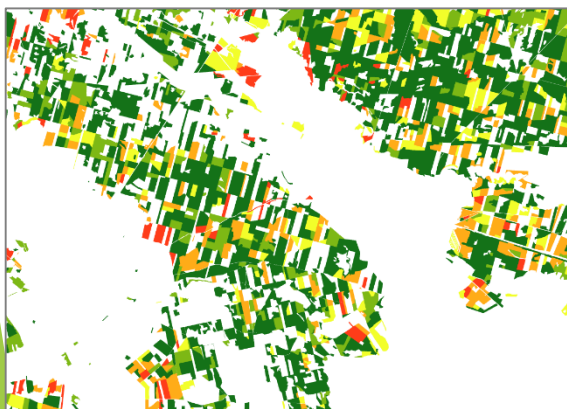
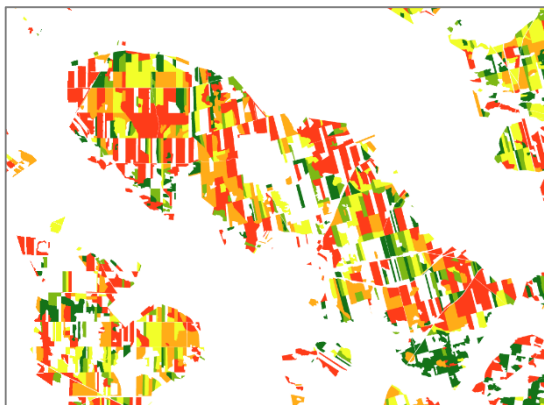
⁴ Department of Mathematics, Universidad Técnica Federico Santa María, Avenida España 1680, Valparaíso, Chile

⁵ Potsdam Institute for Climate Change Research (PIK), Member of the Leibniz Association, Telegrafenberg, P.O. Box 601203, 14412 Potsdam, Germany

Modelowanie zagrożenia zamieraniem (114 554 d-stanów)



- Drzewostany sosnowe (udział $\geq 70\%$) Wiek drzewostanu: 20 - 140 lat



Dieback probability



0 50 Kilometers



**Wyjaśniona zmienność
Prawdopodobieństwa zamierania**

- Katowice: 62.2%
- Wrocław: 44.6%
- Dokładność klasyfikacji = 80.1%

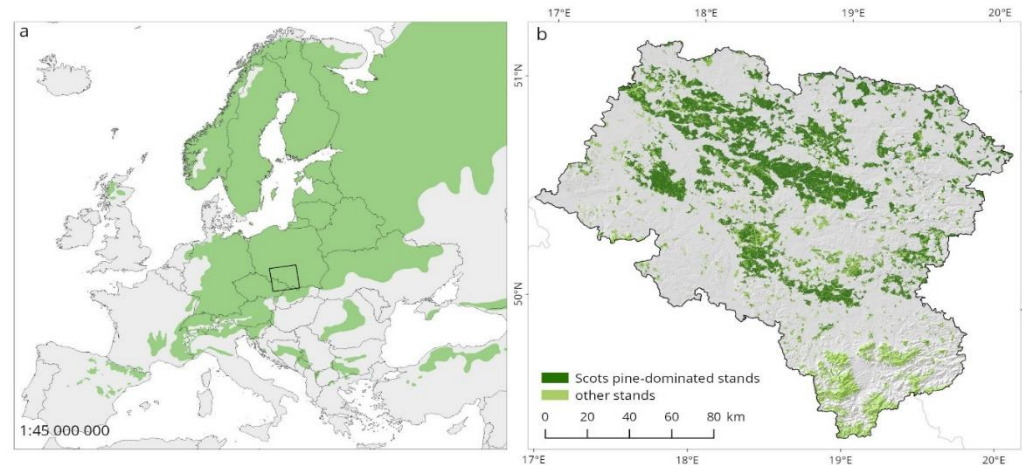


Wpływ wieku oraz wysokości drzewostanów sosnowych na ryzyko zamierania w wyniku suszy

Wysokość drzewostanu (m)	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14
	0.29	0.41	0.72	0.71	0.84	0.83	0.92														
	0.26	0.46	0.63	0.62	0.74	0.68	0.79														
	0.18	0.43	0.59	0.64	0.68	0.55	0.74														
	0.04	0.12	0.29	0.37	0.55	0.50	0.56	0.62	0.52	0.59											
	0.03	0.07	0.16	0.31	0.41	0.48	0.51	0.46	0.42												
	0.03	0.08	0.10	0.13	0.25	0.32	0.36	0.40	0.40	0.42	0.25										
	0.00	0.01	0.05	0.08	0.09	0.19	0.26	0.28	0.30	0.34	0.36	0.30									
	0.03	0.06	0.06	0.07	0.13	0.21	0.22	0.25	0.32	0.30	0.23										
	0.00	0.01	0.03	0.05	0.05	0.09	0.17	0.17	0.20	0.22	0.23	0.18									
	0.00	0.00	0.03	0.04	0.04	0.03	0.07	0.14	0.14	0.15	0.19	0.17	0.08								
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.06	0.14	0.13	0.15	0.16	0.15	0.15								
	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.12	0.12	0.13	0.15	0.16	0.06								
	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.10	0.09	0.13	0.13	0.14	0.14								
	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.07	0.06	0.10	0.10	0.14									
	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08	0.06	0.03	0.16									
	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.03	0.02	0.06	0.05									
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.06	0.02	0.03	0.15	0.01								
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03									
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.02	0.03										
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.07										
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00											
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150								
Wiek (lat)																					

Ryc. Prawdopodobieństwo zamierania w wyniku suszy (2015-2020) w zależności od wieku drzewostanu i bonitacji siedliska. źródło: Socha et al. 2021

Powierzchnia lasów: 802,330.0 ha
Liczba drzewostanów: 172 731



Accelerated tree growth and tree age increase susceptibility to drought-induced forest mortality

Jaroslav Socha^{1*}, Pawel Hawrylo¹, Björn Reineking², Luiza Tyminska-Czabańska¹, Marcus Lindner³, Pawel Netzel¹, Ewa Grabska-Szwagrzyk¹, Ronny Vallejos³, Christopher P.O. Reyer⁴

¹ Department of Forest Resources Management, Faculty of Forestry, University of Agriculture in Krakow, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, Poland

² Department of Ecology and Biodiversity of forest, grassland and freshwater ecosystems, French National Institute for Agriculture, Food, and Environment (INRAE), F-38402 St-Martin-d'Hères, France

³ European Forest Institute, Bonn, Germany,

⁴ Department of Mathematics, Universidad Técnica Federico Santa María, Avenida España 1680, Valparaíso, Chile

⁵ Potsdam Institute for Climate Change Research (PIK), Member of the Leibniz Association, Telegrafenberg, P.O. Box 601203, 14412 Potsdam, Germany

ARTICLE

<https://doi.org/10.1038/s41467-019-12380-6>

OPEN

Tree height explains mortality risk during an intense drought

Atticus E.L. Stovall^{1,2*}, Herman Shugart² & Xi Yang²

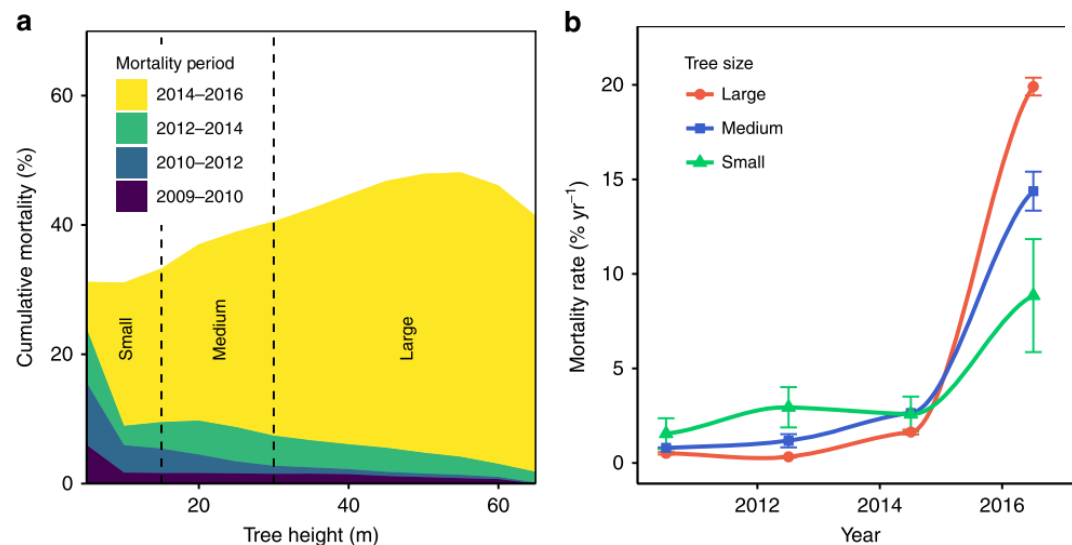


Fig. 1 **a** Height-dependent cumulative mortality and **b** trend in mortality rate of small (< 15 m), medium (15–30 m), and large (> 30 m) trees since the start of drought. Our temporal analysis shows 740,724 trees died in the 40,854 ha study area over an eight-year period (41% mortality). **a** The cumulative mortality of all years reflects the relative percent mortality of all trees in 5 m height classes (e.g., at the study's end, 40% of all 40 m trees died). Vertical lines show the range of tree heights defined as small, medium, and large. Prior to the start of drought, all tree heights have similar mortality rates, with elevated mortality in smaller tree populations. As drought persists, the mortality increased in small trees, while it remained lower in large trees. At the late stages of drought, the mortality rate of all trees increases, with large trees surpassing the rates of smaller tree heights, and becoming the most vulnerable population. The error bars indicate 95% confidence of mean mortality rate within height class

Larger trees suffer most during drought in forests worldwide

Amy C. Bennett^{1,2}, Nathan G. McDowell³, Craig D. Allen⁴ and Kristina J. Anderson-Teixeira^{1,5*}

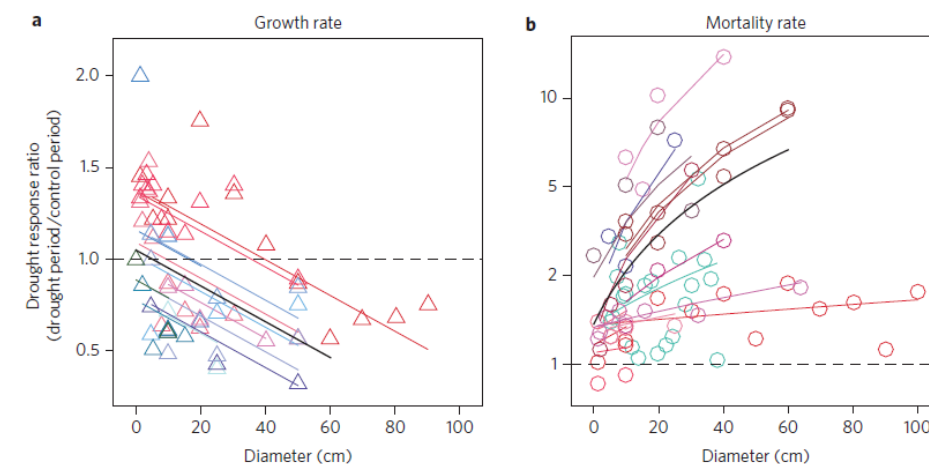
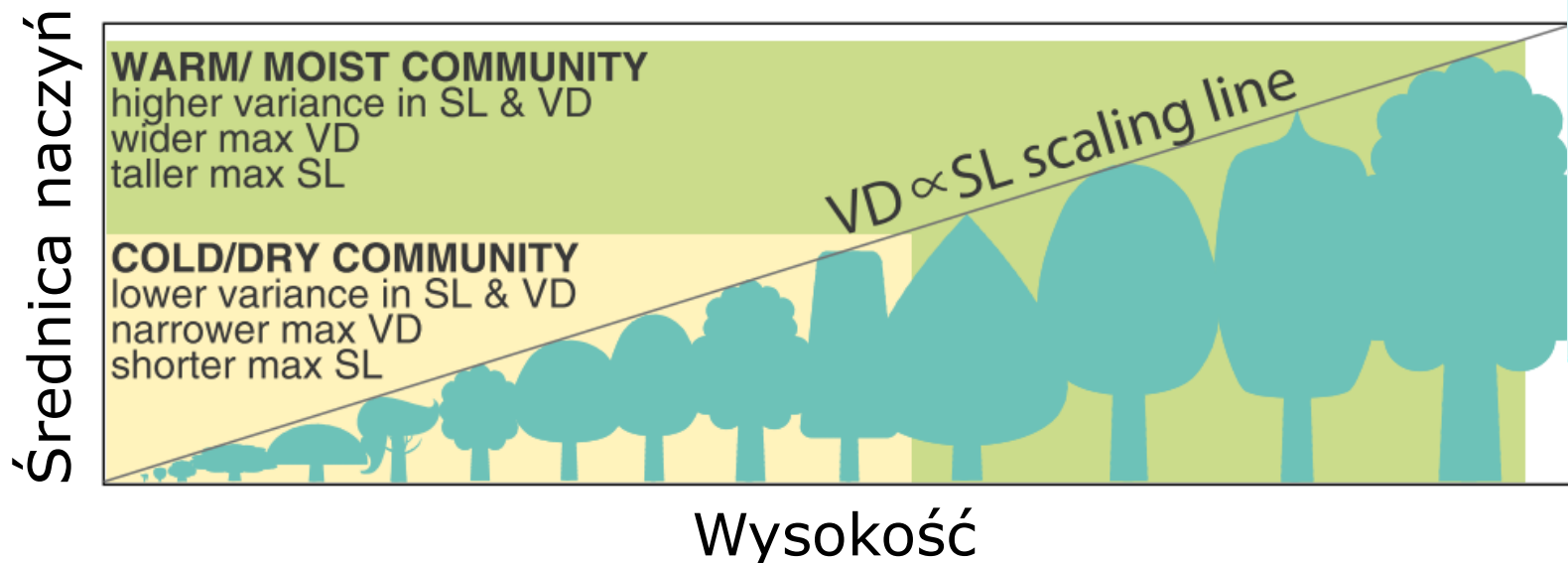


Figure 2 | Drought responses of diameter growth rate and mortality rate as a function of tree size. a,b, Larger trees exhibited greater decreases in growth rate and greater increases in mortality rate relative to non-drought conditions. Diameter refers to the lower size class limit. A solid black line represents the main effect in a linear mixed-effects model. Coloured symbols and lines represent unique drought instances ($n = 13$ for growth, $n = 14$ for mortality) and model fits. Colours correspond to those in Supplementary Fig. 2. A dashed line represents equality under drought and non-drought. In **b**, the log scale on y axis is for display purposes.



Wysokość roślin a podatność hydrauliczna na suszę



Plant height and hydraulic vulnerability to drought and cold

Mark E. Olson^{a,1}, Diana Soriano^a, Julieta A. Rosell^b, Tommaso Anfodillo^c, Michael J. Donoghue^{d,1}, Erika J. Edwards^d, Calixto León-Gómez^a, Todd Dawson^{e,f}, J. Julio Camarero Martínez^g, Matiss Castorena^{a,2}, Alberto Echeverría^a, Carlos I. Espinosa^h, Alex Fajardoⁱ, Antonio Gazol^g, Sandrine Isnard^j, Rivete S. Lima^k, Carmen R. Marcati^l, and Rodrigo Méndez-Alonzo^m

^aDepartamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 Ciudad de México (CDMX), Mexico; ^bLaboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 CDMX, Mexico; ^cDepartment Territorio e Sistemi Agro-Forestali, University of Padova, 35020 Legnaro (PD), Italy; ^dDepartment of Ecology and Evolutionary Biology, Yale University, New Haven, CT



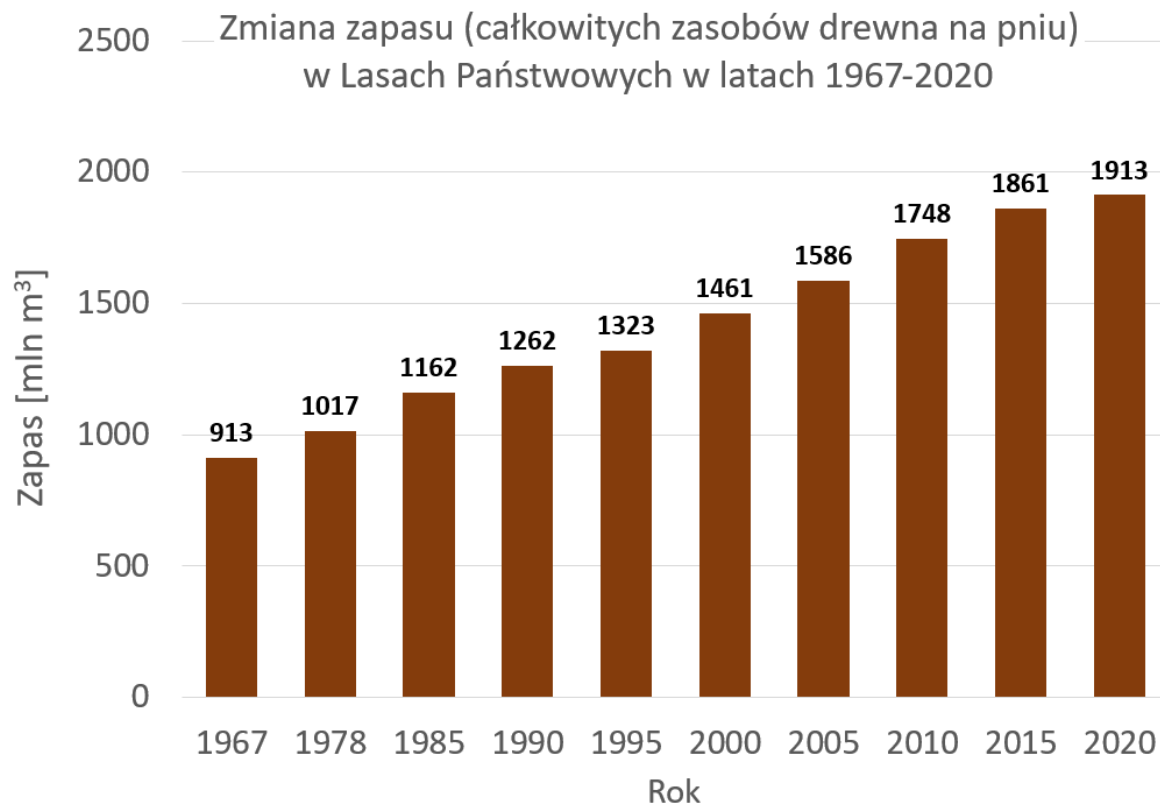
Zamieranie w wyniku suszy najwyższych (najstarszych) drzewostanów bukowych Puszcza Bukowa - Nadleśnictwo Gryfino



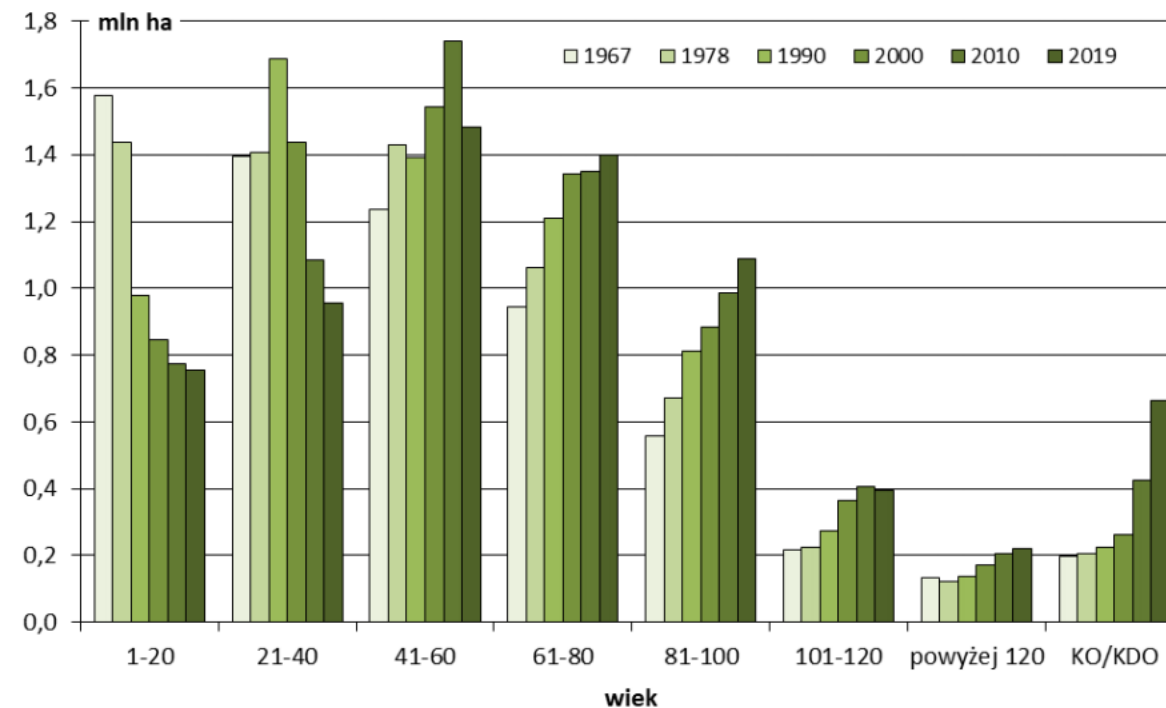
Fot. J. Socha



Zmiany zasobów leśnych Polski i zagrożenia stabilności lasów wynikające ze zmian struktury wiekowej



(źródło: Wyniki aktualizacji stanu powierzchni leśnej i zasobów drzewnych w Lasach Państwowych na dzień 1 stycznia 2020 roku, opracowanie: Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, na podstawie Banku Danych o Lasach: www.bdl.lasy.gov.pl)

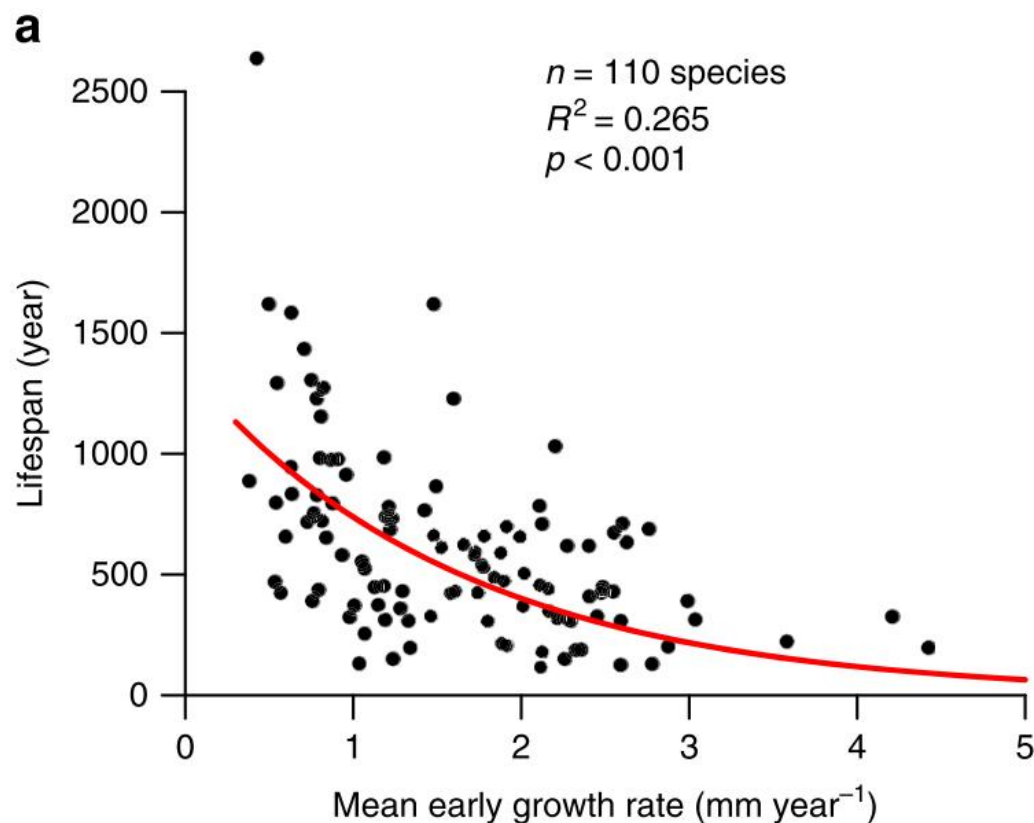


Ryc. 13. Zmiany struktury powierzchniowej lasów zarządzanych przez PGL LP (BULiGL, DGLP)

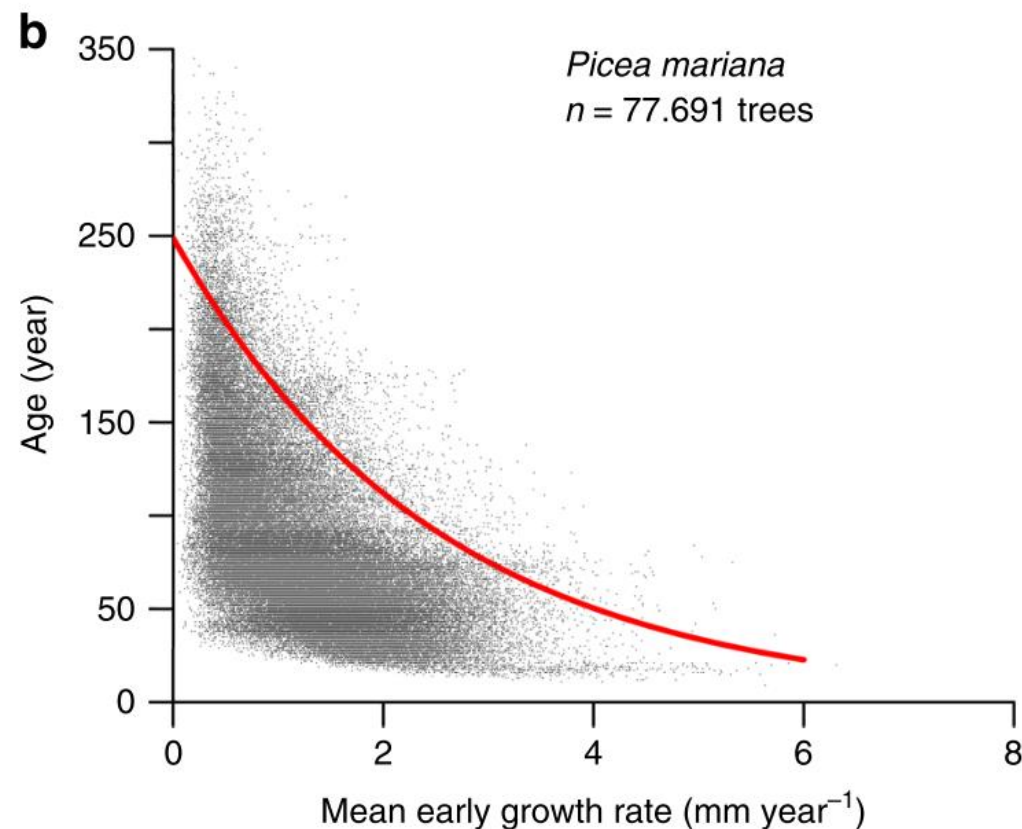
Drzewa rosnące szybciej żyją krócej



Zależność między tempem wzrostu a maksymalną długością życia (Brienen et al. 2020)



a Średnie wczesne tempo wzrostu (średnia szerokość pierścienia w ciągu pierwszych 10 lat) w porównaniu z maksymalną długością życia dla 110 gatunków.



b Wczesne tempo wzrostu w zależności od wieku dla *Picea mariana* i oszacowany związek między wczesnym tempem wzrostu a długością życia (czerwona linia) przy użyciu ujemnej wykładniczej regresji 95-kwantylowej. C

ARTICLE

<https://doi.org/10.1038/s41467-020-17966-z>

OPEN



Forest carbon sink neutralized by pervasive growth-lifespan trade-offs

R. J. W. Brien¹, L. Caldwell¹, L. Duchesne², S. Voelker³, J. Barichivich^{4,5}, M. Baliva⁶, G. Ceccantini⁷, A. Di Filippo⁶, S. Helama⁸, G. M. Locosselli⁷, L. Lopez⁹, G. Piovesan⁶, J. Schöngart¹⁰, R. Villalba⁹ & E. Gloor¹

Land vegetation is currently taking up large amounts of atmospheric CO₂, possibly due to tree growth stimulation. Extant models predict that this growth stimulation will continue to cause a net carbon uptake this century. However, there are indications that increased growth rates may shorten trees' lifespan and thus recent increases in forest carbon stocks may be transient due to lagged increases in mortality. Here we show that growth-lifespan trade-offs are indeed near universal, occurring across almost all species and climates. This trade-off is directly linked to faster growth reducing tree lifespan, and not due to covariance with climate or environment. Thus, current tree growth stimulation will, inevitably, result in a lagged increase in canopy tree mortality, as is indeed widely observed, and eventually neutralise carbon gains due to growth stimulation. Results from a strongly data-based forest simulator confirm these expectations. Extant Earth system model projections of global forest carbon sink persistence are likely too optimistic, increasing the need to curb greenhouse gas emissions.

Roślinność lądowa pochłania obecnie duże ilości CO₂ z atmosfery, prawdopodobnie z powodu stymulacji wzrostu drzew.

... istnieją przesłanki, że zwiększone tempo wzrostu może skrócić żywotność drzew, a zatem niedawny wzrost zasobów węgla w lasach może być przejściowy ze względu na opóźniony wzrost śmiertelności.

Kompromisy między szybkością wzrostu a długością życia są rzeczywiście niemal powszechne i występują w prawie wszystkich gatunkach i klimatach

Ten kompromis jest bezpośrednio związany z szybszym wzrostem, skracającym żywotność drzewa

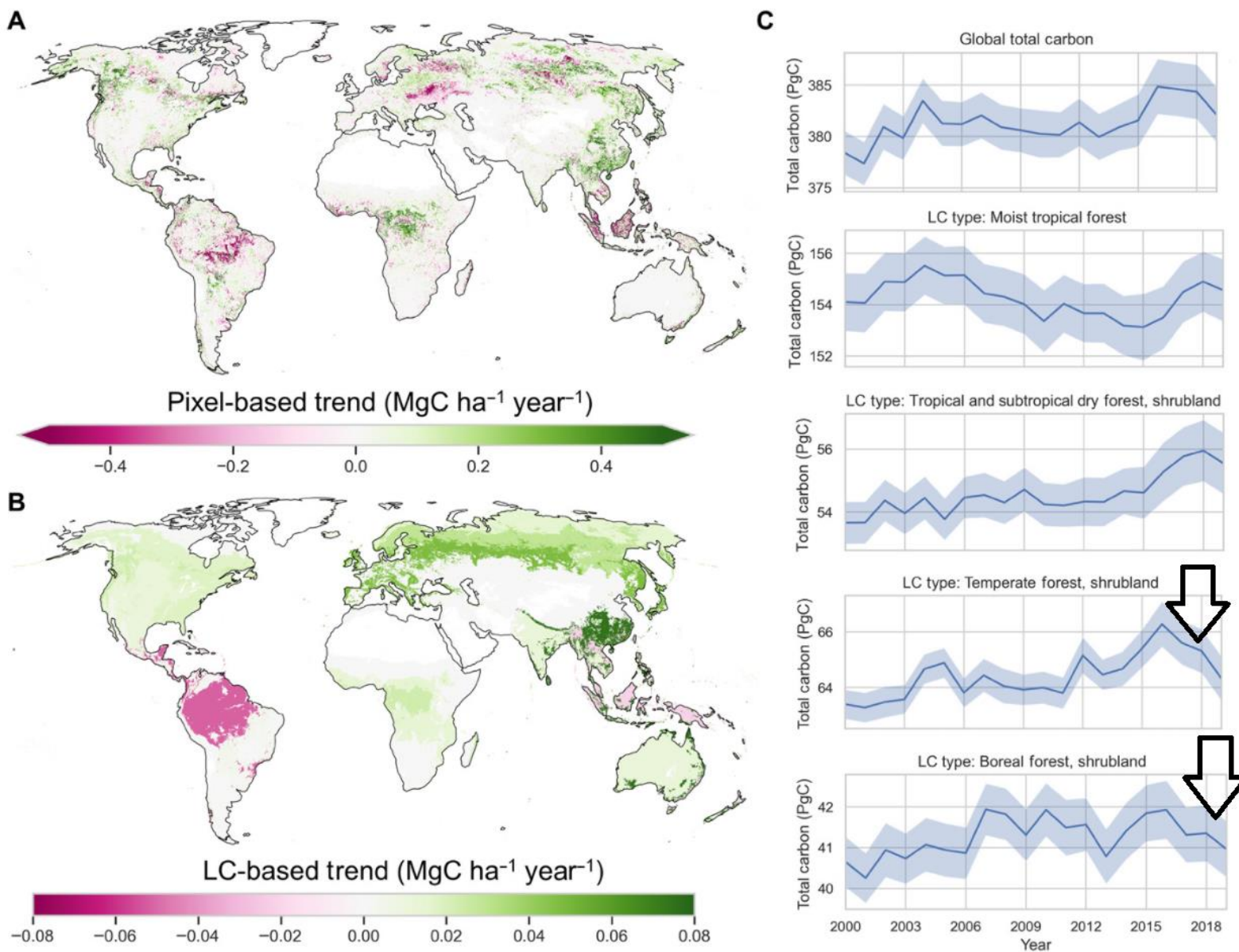
Tak więc obecna stymulacja wzrostu drzew nieuchronnie spowoduje opóźniony wzrost śmiertelności drzew ... co rzeczywiście jest powszechnie obserwowane, i ostatecznie zneutralizuje wzrost zasobów węgla w lasach spowodowany stymulacją wzrostu

Istniejące prognozy z modelu systemu Ziemi dotyczące trwałości pochłaniania CO₂ przez lasy na świecie są prawdopodobnie zbyt optymistyczne, co zwiększa potrzebę ograniczenia emisji gazów cieplarnianych.

Rosnąca częstość huraganów. 11 08 2017 - prawie 10 mln m³ powalonych i połamanych drzew, niemal 120 tys. ha uszkodzonych lasów, w tym 39,2 tys. ha do całkowitego odnowienia.



Zniszczone drzewostany w Nadleśnictwie Lipusz, fot. J. Socha



Globalny wzrost ilości węgla
związanego w lasach;
lasy strefy borealnej i
umiarkowanej - załamanie
trendu!

ScienceAdvances

HOME > SCIENCE ADVANCES > VOL. 7, NO. 27 > CHANGES IN GLOBAL TERRESTRIAL LIVE BIOMASS OVER THE 21ST CENTURY

RESEARCH ARTICLE | ECOLOGY

Changes in global terrestrial live biomass over the 21st century

LIANG XU, SASSAN S. SAATCHI, YAN YANG, YIFAN YU, JULIA PONGRATZ, A. ANTHONY BLOOM, KEVIN BOWMAN, JOHN WORDEN, JUNJIE LIU, [] DAVID SCHIMMEL

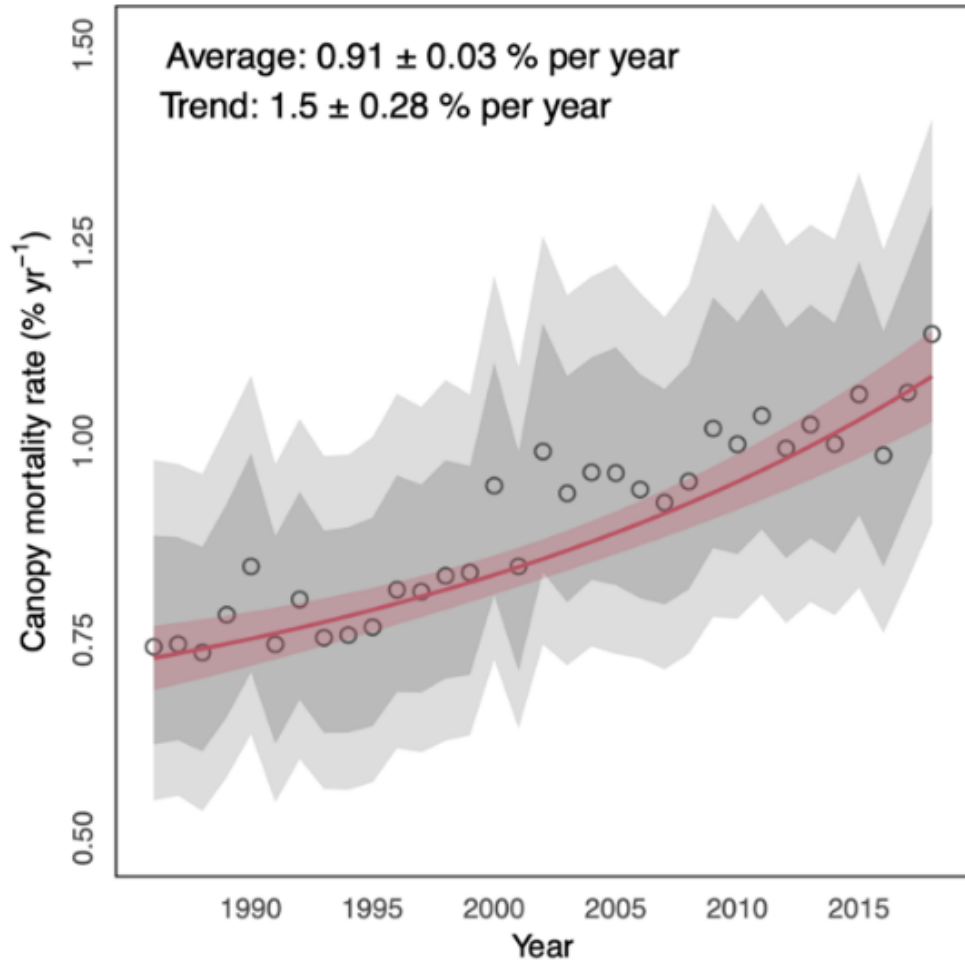
+10 authors Authors Info & Affiliations

SCIENCE ADVANCES • 2 Jul 2021 • Vol 7, Issue 27 • DOI:10.1126/sciadv.abe9829

Fig. 2 Long-term (2000–2019) trend of global live vegetation biomass carbon.

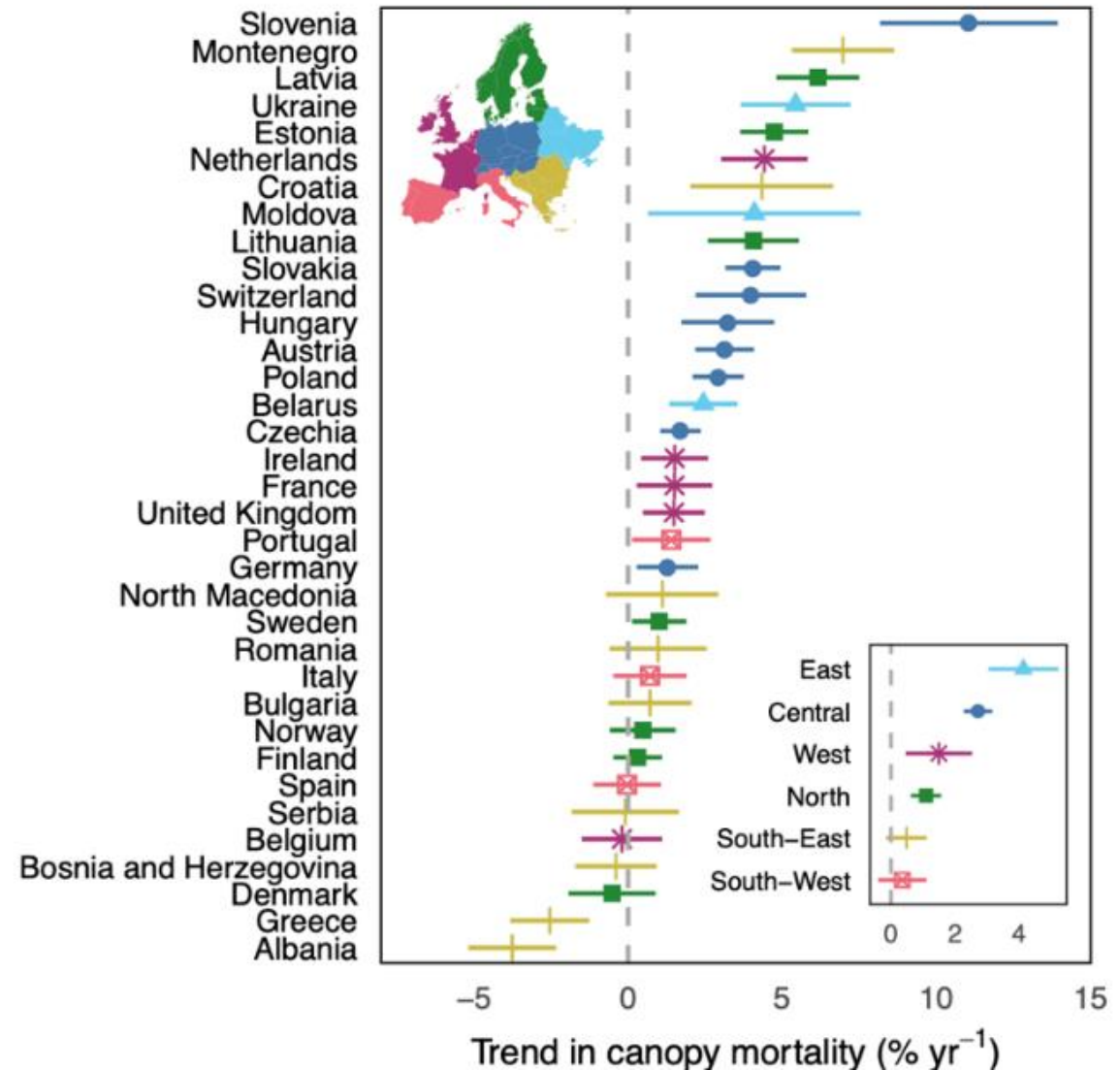
(A) Pixel-level (in 10-km spatial resolution) vegetation carbon trend map. (B) LC-based trend map of vegetation carbon. (C) Time series of vegetation carbon for global and four major LC types. All trend analyses use the Mann-Kendall test, and regions with $P > 0.05$ were masked out.

Rosnące tempo zamierania lasów w Europie

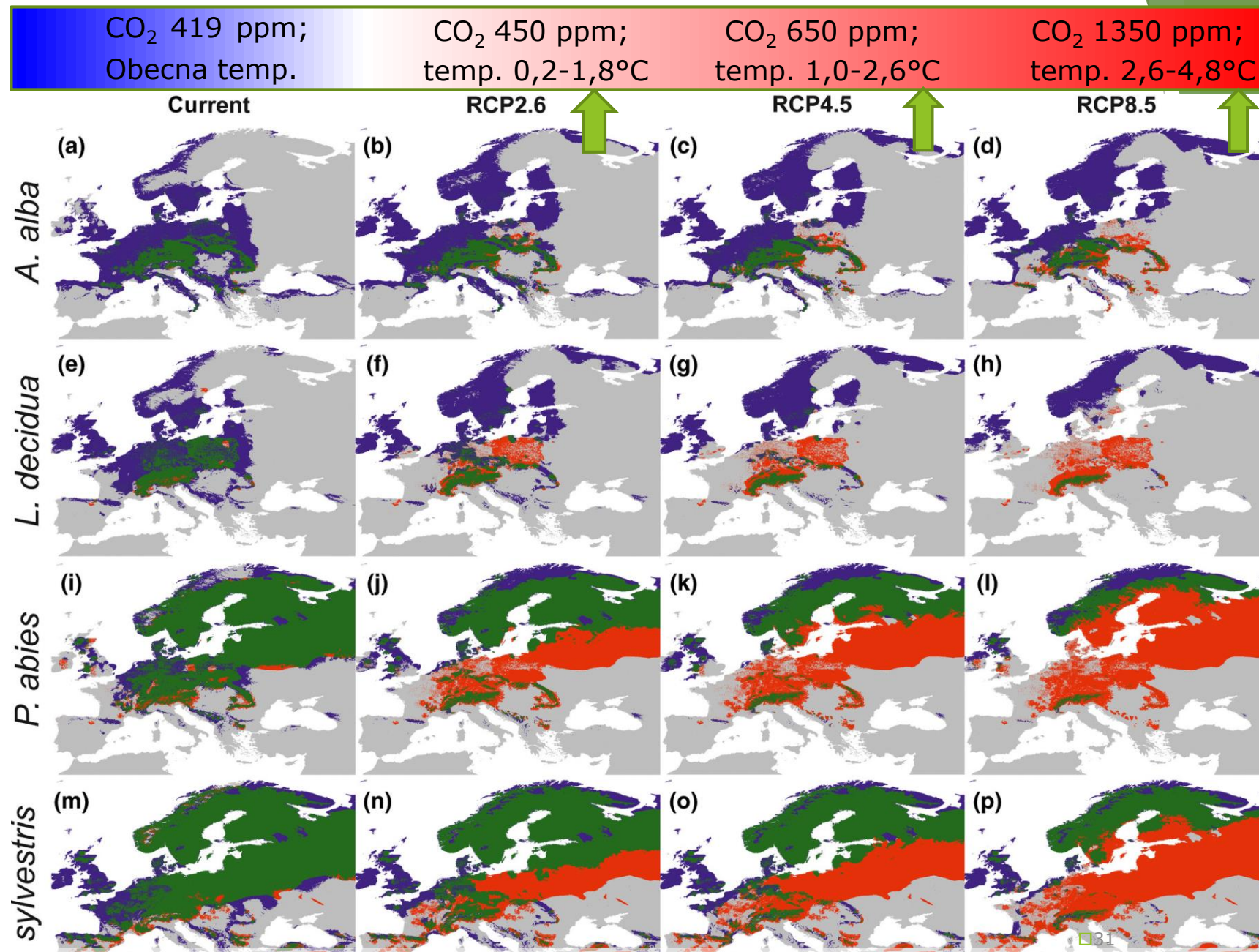


Ryc. Wskaźniki śmiertelności lasów i trendy w lasach Europy (Senf i in. 2021).

Zamieranie będzie silnie zmieniało demografię lasów, mediana wieku lasów w ponad 50% krajów Europy do 2050 roku spadnie poniżej 30 lat (Senf i in. 2021)

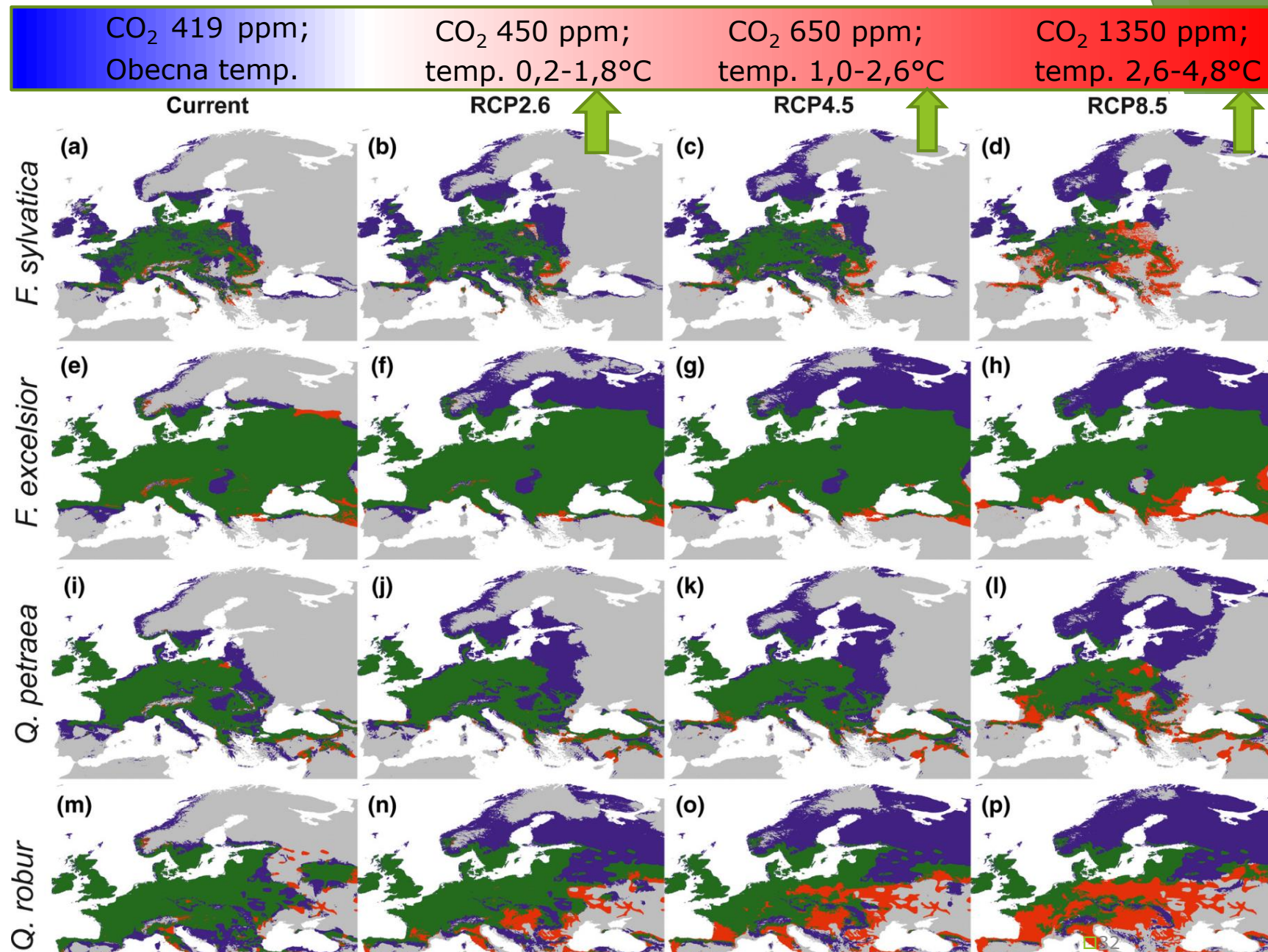


Scenariusze klimatyczne do 2100 r.



Dyderski, M.K., Paż, S., Frelich, L.E., Jagodziński, A.M., 2018. How much does climate change threaten European forest tree species distributions? Glob. Chang. Biol. 24, 1150-1163. doi:10.1111/gcb.13925

Scenariusze klimatyczne do 2100 r.



Dyderski, M.K., Paż, S., Frelich, L.E., Jagodziński, A.M., 2018. How much does climate change threaten European forest tree species distributions? Glob. Chang. Biol. 24, 1150-1163. doi:10.1111/gcb.13925



Use and transfer of forest reproductive material

in Europe in the context of climate change

creates a large gene pool for natural selection to work on. However, the unprecedented pace of anthropogenic climate change (Loarie *et al.*, 2009), coupled with the comparatively long generation time of many forest trees, means that there may be insufficient time for natural selection to give rise to populations adapted to new climatic environments (Jump *et al.*, 2006). Only when a tree population is initially large, environmental changes are not too severe and evolutionary potential is high, can it effectively survive by genetic adaptation (Gomulkiewicz and Holt, 1995).

Concerns that there is insufficient time left to ensure that adaptation occurs before tree populations face extinction have provided the impetus for intervention in the form of assisted migration (Aubin *et al.*, 2011; Hoegh-Guldberg *et al.*, 2008), i.e. in the context of this report, man-made transfer of FRM to a non-autochthonous place. The rationale behind assisted migration is that the predicted future habitat at the location to where the material is translocated matches the current habitat of stands from whence the material is taken. However, current and future habitat similarity is judged based on climate, which is far from enough for defining a suitable habitat. Also, the translocated FRM being significantly different from the local material, complex genetic interactions between the autochthonous and translocated

FRM will occur, with uncertain results in terms of adaptation. The impact of this introduced diversity will depend upon the scale of planting, relative to that of the local population, and the degree of genetic difference between the populations.

Genetic adaptation will depend on the amount of genetic variation present in natural populations, as it is unlikely that new variation will be created via new mutations. Heritability measures the part of the variability of a phenotypic trait that is heritable in a population. The higher the heritability of a trait is, the more efficient selection is for a new, more adapted, phenotype is. Heritability of cold hardiness or flushing date is low to moderate (Bower and Aitken, 2006; Rweyongeza, Yeh and Dhir, 2010). Phenological traits frequently exhibit clinal variation along longitudinal, latitudinal or altitudinal gradients, as demonstrated by common garden experiments with different provenances (Daehlen, Johnsen and Kohmann, 1995; von Wuehlisch, Krasche and Muhs, 1995). This gives good prospects for FRM recommendations related to phenology. However, the responses to increasing temperature in the timing of various processes associated with the annual cycle have been demonstrated to differ among species, i.e. the same change in temperature may accelerate a bud-burst in one group of species, but delay it in another (Hänninen and Tanino, 2011). The question is whether such

Obawy o brak czasu, że procesy adaptacyjne zadziałają przed wymarciem populacji drzew, dostarczają impulsu do interwencji w postaci wspomaganej migracji tj. dokonanego przez człowieka przeniesienia LMR do miejsca nieautochtonicznego.

Przesłanką dla stosowania wspomaganej migracji jest to, że przewidywane przyszłe miejsce wzrostu, do którego materiał jest przemieszczany, jest dopasowane do obecnego miejsca wzrostu drzewostanów, z których materiał jest pobierany.

Jednak obecne i przyszłe podobieństwo miejsc występowania jest oceniane na podstawie klimatu, który nie wystarcza do określenia odpowiedniego miejsca wzrostu.

Konnert, M., Fady, B., Gömöry, D., A'Hara, S., Wolter, F., Ducci, F., Koskela, J., Bozzano, M., Maaten, T. and Kowalczyk, J. 2015. Use and transfer of forest reproductive material in Europe in the context of climate change. European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), Bioversity International, Rome, Italy. xvi and 75 p.

Najważniejsze wyzwania dla gospodarki leśnej - podsumowanie

1. **Utrzymanie trwałości ekosystemów leśnych w zmieniających się warunkach siedliskowych i społeczno-gospodarczych.** Ograniczenie szkód ekologicznych i ekonomicznych ponoszonych w wyniku rozpadu drzewostanów.
2. **Zapewnienie wielofunkcyjnej roli lasów i świadczonych przez nie usług ekosystemowych:**
 - ochrony różnorodności biologicznej
 - zaspokajania oczekiwań społeczeństwa, a w tym:
 - korzyści gospodarczych, w szczególności dostarczania surowca drzewnego i zapewnienia miejsc pracy
 - środowiskowych,
 - społecznych,
 - oraz łagodzenia skutków zmian klimatu.
3. **Implementacja strategii bioróżnorodności** - poza bioróżnorodnością, w ewentualnym wyłączeniu drzewostanów i przeznaczaniu ich do pełnienia funkcji pozaprodukcyjnych powinno się uwzględnić zagrożenie zamieraniem i funkcje pełnione przez lasy.
4. W działaniach mających na celu zapewnienie trwałości ekosystemów leśnych w zmieniających się warunkach klimatycznych i społeczno-gospodarczych **największym wyzwaniem jest zwiększenie świadomości społecznej o zachodzących procesach oraz przekonanie o zasadności stosowanych metod gospodarowania.** Konieczna jest dyskusja ze społeczeństwem i NGO's, właściwa edukacja ekologiczna, współpraca lokalna oraz na szczeblu regionalnym i krajowym.



Dziękujemy za uwagę!



Wydział Leśny Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie
fot. J Socha



Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie Starym